

## Практическая работа

### Тема: «Расчёт клиноременной передачи»

Выбор сечения ремня по графику рис. 1.

По графикам рис. 2 и 4 определяют номинальную мощность, передаваемую одним ремнём в условиях типовой передачи при угле обхвата ведущего шкива  $180^\circ$  и передаточном числе, спокойной нагрузке, базовой длине ремня, среднем ресурсе. Расчёт выполняют по диаметру малого ведущего шкива.

2.1. Определяют мощность.

3. Определим диаметр ведомого шкива.

4. Предварительно определяется необходимое количество ремней.

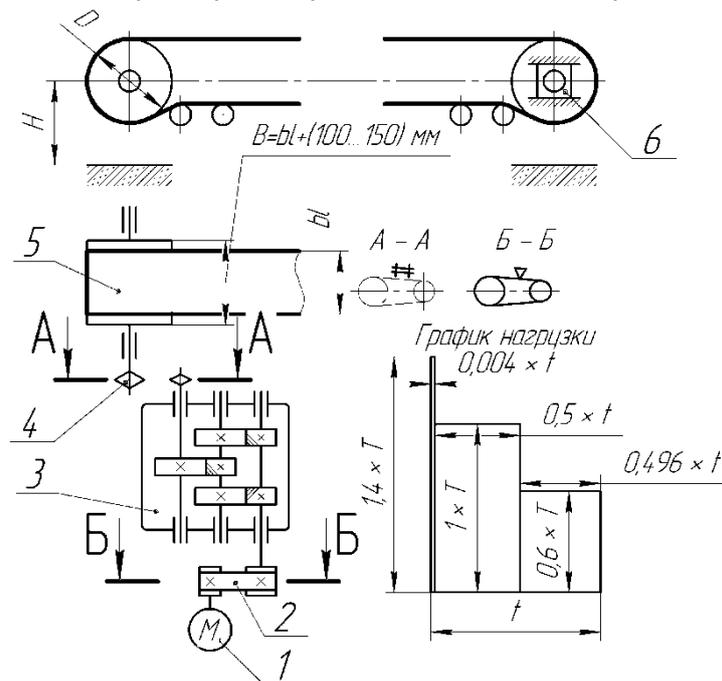
5. Определяют силу предварительного натяжения ветви одного ремня.

6. Определяем силы, действующие на валы (ведущий и ведомый).

7. Определяем ресурс ремней, ч.

#### Техническое задание № 1

Спроектировать привод ленточного конвейера



- 1 – электродвигатель; 4 – открытая цепная передача;  
2 – открытая передача клиноременная; 5 – барабан тяговый:  $D, B$ ;  
3 – редуктор двухступенчатый цилиндрический; 6 – натяжное устройство.

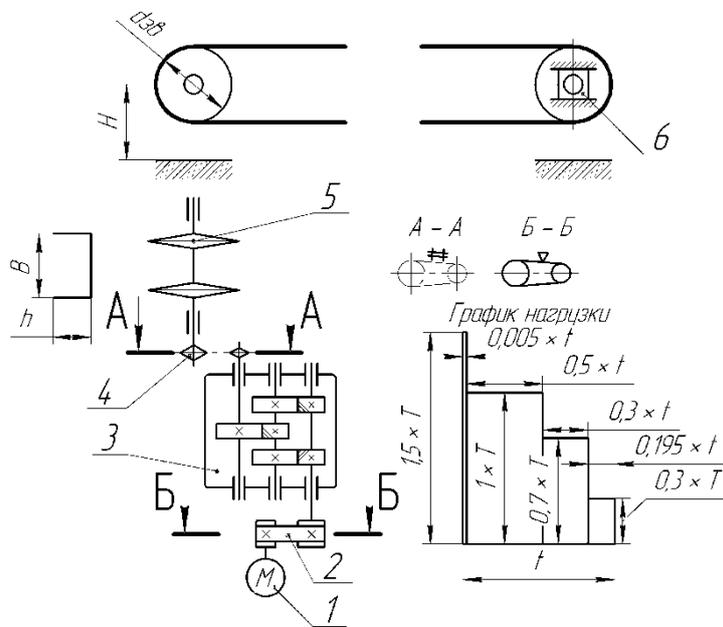
Скорость вращения барабана: Срок службы:  $L = 5$  лет;  $k_T = 0,6$ ;  $k_C = 0,5$ .

$$n_6 = \frac{60 \cdot 10^3 \cdot v}{\pi D}, \text{ об/мин.}$$

Параметры	Варианты и значения параметров									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$F_t$ , кН	24,5	3,6	4,5	5,1	6,6	8,4	11,6	15,0	17,5	20,0
$v$ , м/с	1,10	0,55	0,60	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00
$D$ , мм	630	250	250	400	400	400	500	500	630	630
$b_l$ , мм	800	400	400	500	500	500	650	650	650	800
$H$ , мм	900	700	700	700	750	750	750	800	800	900

#### Техническое задание № 2

Спроектировать привод цепного конвейера



- 1 – электродвигатель; 4 – открытая цепная передача;  
 2 – открытая передача клиноременная; 5 – звездочка тяговая:  $d_{зв}$ ;  
 3 – редуктор двухступенчатый цилиндрический; 6 – натяжное устройство.

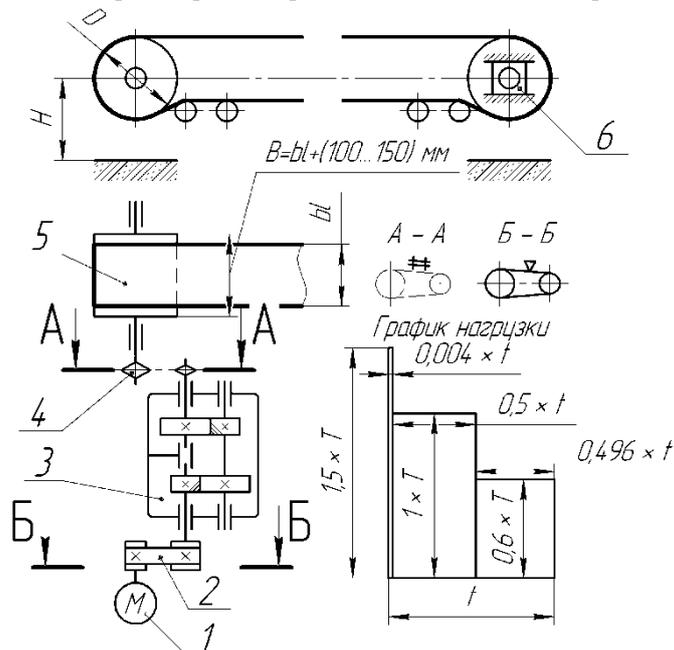
Скорость вращения звездочки:

Срок службы:  $L = 5$  лет;  $k_T = 0,65$ ;  
 $k_C = 0,5$ .

$$n_{зв} = \frac{60 \cdot 10^3 \cdot v_{ц}}{tz_{зв}}, \text{ об/мин.}$$

Параметры	Варианты и значения параметров										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
$F_T$ , кН	49,0	6,40	7,30	9,10	10,5	14,0	17,6	22,5	30,0	31,7	
$v_{ц}$ , м/с	0,55	0,31	0,37	0,39	0,47	0,48	0,56	0,60	0,55	0,63	
$t$ , мм	250	100	100	125	125	160	160	200	200	250	
$z_{зв}$	7	5	6	5	6	6	7	6	7	8	
$B$ , мм	800	300	300	400	400	500	570	600	600	800	
$H$ , мм	900	700	700	700	750	750	750	800	800	900	
$h$ , мм	250	100	100	125	125	160	160	200	200	250	

### Техническое задание № 3 Спроектировать привод ленточного конвейера



- 1 – электродвигатель; 4 – открытая цепная передача;  
 2 – открытая передача клиноременная; 5 – барабан тяговый:  $D, B$ ;  
 3 – редуктор двухступенчатый; 6 – натяжное устройство.

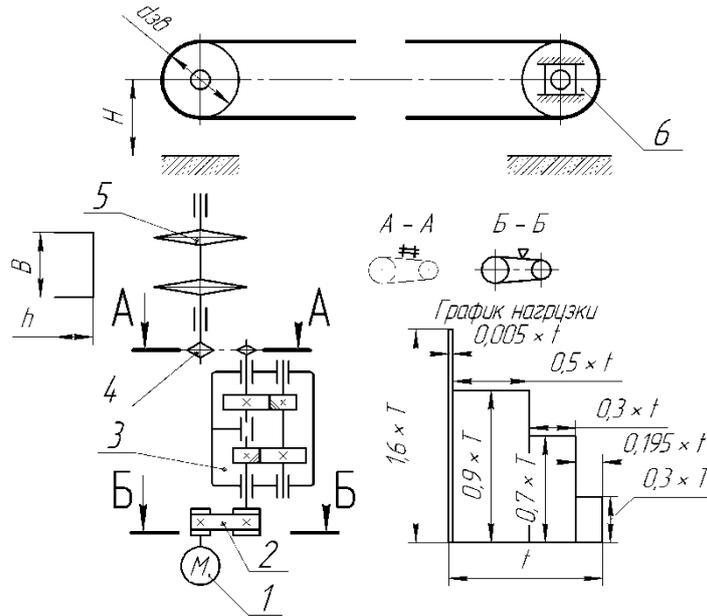
цилиндрический соосный;

Скорость вращения барабана: Срок службы:  $L = 5$  лет;  $k_T = 0,6$ ;  $k_C = 0,5$ .

$$n_6 = \frac{60 \cdot 10^3 \cdot v}{\pi D}, \text{ об/мин.}$$

Параметры	Варианты и значения параметров									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$F_t$ , кН	24,5	3,6	4,5	5,1	6,6	8,4	11,6	15,0	17,5	20,0
$v$ , м/с	1,10	0,55	0,60	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00
$D$ , мм	630	250	250	400	400	400	500	500	630	630
$b_d$ , мм	800	400	400	500	500	500	650	650	650	800
$H$ , мм	900	700	700	700	750	750	750	800	800	900

Техническое задание № 4  
Спроектировать привод цепного конвейера



- 1 – электродвигатель;  
2 – открытая передача клиноременная;  
3 – редуктор двухступенчатый цилиндрический соосный;

- 4 – открытая цепная передача;  
5 – звездочка тяговая:  $d_{зв}$ ;  
6 – натяжное устройство.

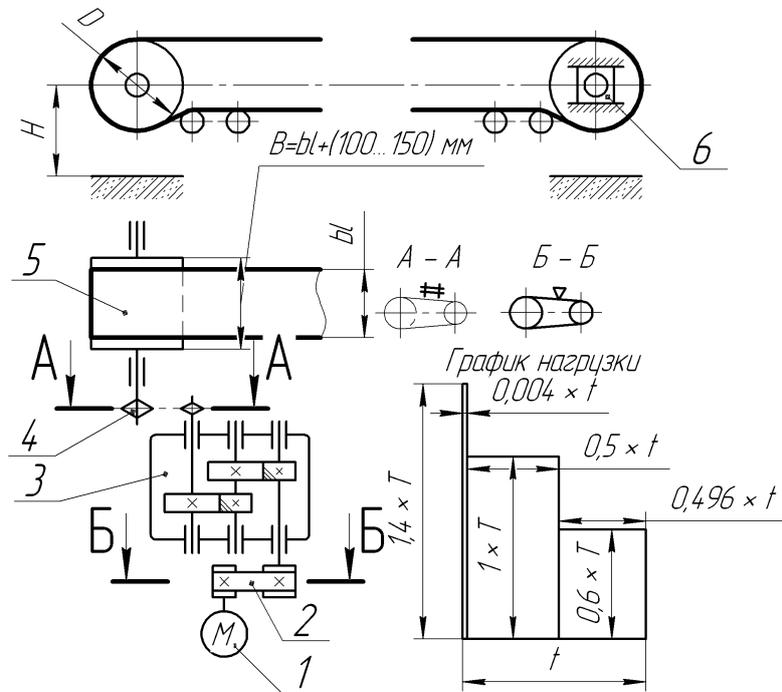
Скорость вращения звездочки

Срок службы:  $L = 5$  лет;  $k_T = 0,7$ ;  $k_C = 0,6$ .

$$n_{зв} = \frac{60 \cdot 10^3 \cdot v_{ц}}{t z_{зв}}, \text{ об/мин.}$$

Параметры	Варианты и значения параметров									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$F_t$ , кН	49,0	6,40	7,30	9,10	10,5	14,0	17,6	22,5	30,0	31,7
$v_{ц}$ , м/с	0,55	0,31	0,37	0,39	0,47	0,48	0,56	0,60	0,55	0,63
$t$ , мм	250	100	100	125	125	160	160	200	200	250
$z_{зв}$	7	5	6	5	6	6	7	6	7	8
$B$ , мм	800	300	300	400	400	500	570	600	600	800
$H$ , мм	900	700	700	700	750	750	750	800	800	900
$h$ , мм	250	100	100	125	125	160	160	200	200	250

Техническое задание № 5  
Спроектировать привод ленточного конвейера



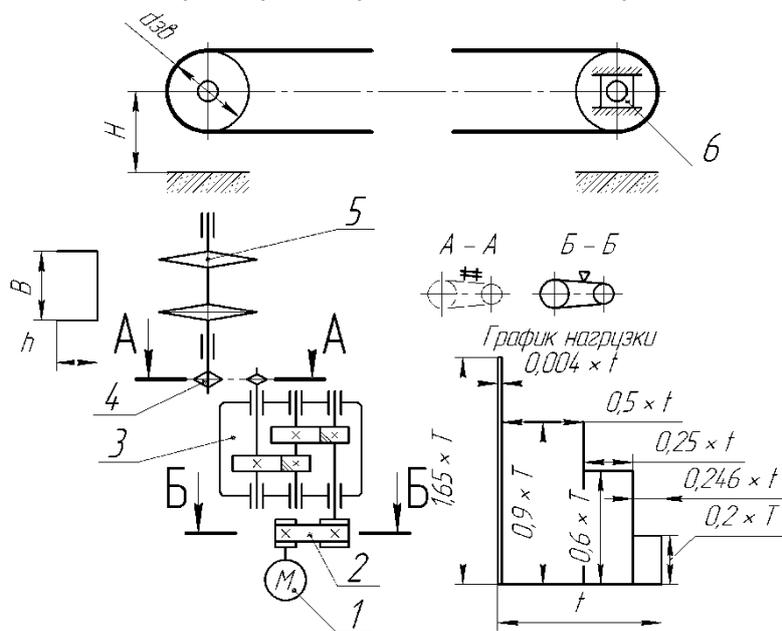
- 1 – электродвигатель; 2 – открытая передача клиноременная; 3 – редуктор двухступенчатый цилиндрический; 4 – открытая цепная передача; 5 – барабан тяговый:  $D, B$ ; 6 – натяжное устройство.

Скорость вращения барабана  $n_6$  Срок службы:  $L = 5$  лет;  $k_T = 0,6$ ;  $k_c = 0,5$ .

$$n_6 = \frac{60 \cdot 10^3 \cdot v}{\pi D}, \text{ об/мин.}$$

Параметры	Варианты и значения параметров									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$F_t$ , кН	24,5	3,6	4,5	5,1	6,6	8,4	11,6	15,0	17,5	20,0
$v$ , м/с	1,10	0,55	0,60	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00
$D$ , мм	630	250	250	400	400	400	500	500	630	630
$b_n$ , мм	800	400	400	500	500	500	650	650	650	800
$H$ , мм	900	700	700	700	750	750	750	800	800	900

Техническое задание № 6  
Спроектировать привод цепного конвейера



- 1 – электродвигатель; 2 – открытая передача клиноременная; 3 – редуктор двухступенчатый цилиндрический; 4 – открытая цепная передача; 5 – звездочка тяговая:  $d_{зв}$ ; 6 – натяжное устройство.

Скорость вращения звездочки:

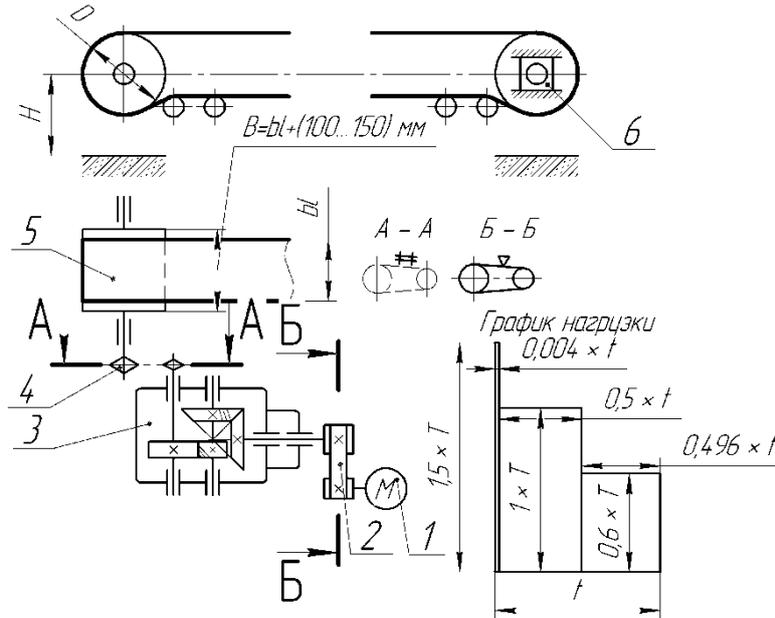
$$n_{зв} = \frac{60 \cdot 10^3 \cdot v_{ц}}{tz_{зв}}, \text{ об/мин.}$$

Срок службы:  $L = 5$  лет;  $k_T = 0,7$ ;  
 $k_c = 0,6$ .

Параметры	Варианты и значения параметров									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$F_t$ , кН	49,0	6,40	7,30	9,10	10,5	14,0	17,6	22,5	30,0	31,7
$v_{ц}$ , м/с	0,55	0,31	0,37	0,39	0,47	0,48	0,56	0,60	0,55	0,63
$t$ , мм	250	100	100	125	125	160	160	200	200	250
$z_{зв}$	7	5	6	5	6	6	7	6	7	8
$B$ , мм	800	300	300	400	400	500	570	600	600	800
$H$ , мм	900	700	700	700	750	750	750	800	800	900
$h$ , мм	250	100	100	125	125	160	160	200	200	250

Техническое задание № 7

Спроектировать привод ленточного конвейера



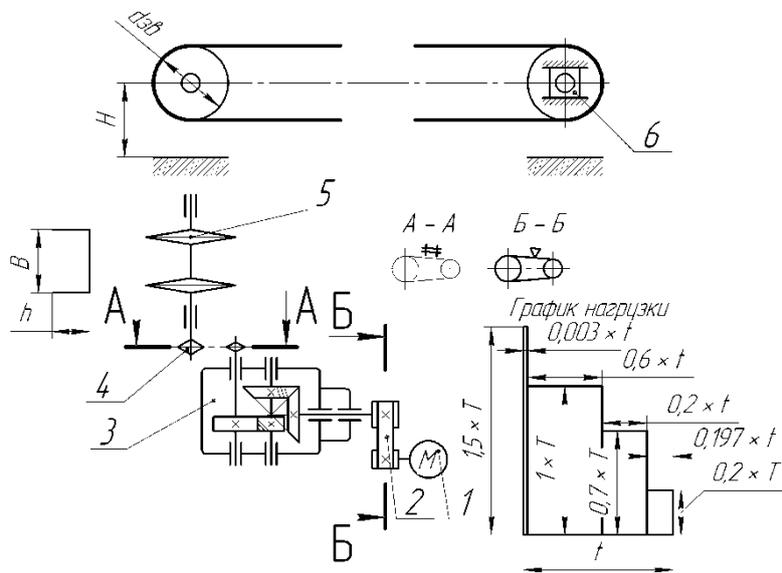
- 1 – электродвигатель; 4 – открытая цепная передача;  
2 – открытая передача клиноременная; 5 – барабан тяговый:  $D$ ,  $B$ ;  
3 – редуктор двухступенчатый коническо-цилиндрический; 6 – натяжное устройство.
- Скорость вращения барабана: Срок службы:  $L = 5$  лет;  $k_T = 0,6$ ;  $k_c = 0,5$ .

$$n_6 = \frac{60 \cdot 10^3 \cdot v}{\pi D}, \text{ об/мин.}$$

Параметры	Варианты и значения параметров									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$F_t$ , кН	24,5	3,6	4,5	5,1	6,6	8,4	11,6	15,0	17,5	20,0
$v$ , м/с	1,10	0,55	0,60	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00
$D$ , мм	630	250	250	400	400	400	500	500	630	630
$b_{л}$ , мм	800	400	400	500	500	500	650	650	650	800
$H$ , мм	900	700	700	700	750	750	750	800	800	900

Техническое задание № 8

Спроектировать привод цепного конвейера



- 1 – электродвигатель; 4 – открытая цепная передача;  
 2 – открытая передача клиноременная; 5 – звездочка тяговая:  $d_{зв}$ ;  
 3 – редуктор двухступенчатый коническо-цилиндрический; 6 – натяжное устройство.

Скорость вращения звездочки:

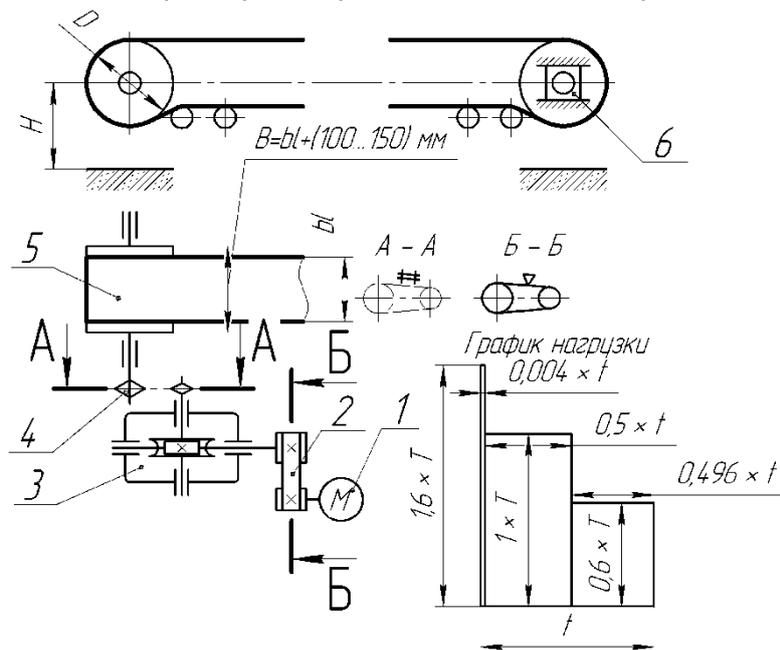
$$k_c = 0,6.$$

Срок службы:  $L = 5$  лет;  $k_T = 0,7$ ;

$$n_{зв} = \frac{60 \cdot 10^3 \cdot v_{ц}}{t_{зв}}, \text{ об/мин.}$$

Параметры	Варианты и значения параметров									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$F_t$ , кН	49,0	6,40	7,30	9,10	10,5	14,0	17,6	22,5	30,0	31,7
$v_{ц}$ , м/с	0,55	0,31	0,37	0,39	0,47	0,48	0,56	0,60	0,55	0,63
$t$ , мм	250	100	100	125	125	160	160	200	200	250
$z_{зв}$	7	5	6	5	6	6	7	6	7	8
$B$ , мм	800	300	300	400	400	500	570	600	600	800
$H$ , мм	900	700	700	700	750	750	750	800	800	900
$h$ , мм	250	100	100	125	125	160	160	200	200	250

Техническое задание № 9  
 Спроектировать привод ленточного конвейера



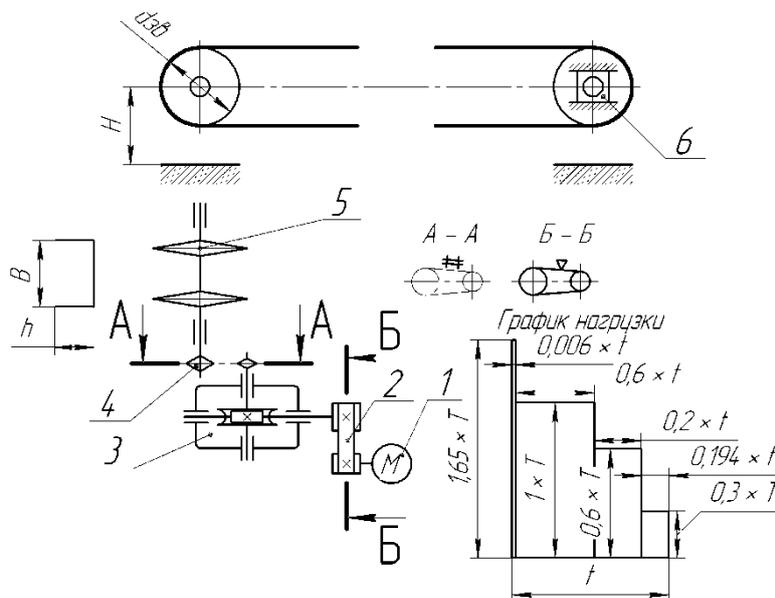
- 1 – электродвигатель; 4 – открытая цепная передача;  
 2 – открытая передача клиноременная; 5 – барабан тяговой:  $D$ ,  $B$ ;  
 3 – редуктор червячный; 6 – натяжное устройство.

Скорость вращения барабана: Срок службы:  $L = 5$  лет;  $k_T = 0,6$ ;  $k_c = 0,5$ .

$$n_6 = \frac{60 \cdot 10^3 \cdot v}{\pi D}, \text{ об/мин.}$$

Параметры	Варианты и значения параметров									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$F_t$ , кН	24,5	3,6	4,5	5,1	6,6	8,4	11,6	15,0	17,5	20,0
$v$ , м/с	1,10	0,55	0,60	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00
$D$ , мм	630	250	250	400	400	400	500	500	630	630
$b_{ш}$ , мм	800	400	400	500	500	500	650	650	650	800
$H$ , мм	900	700	700	700	750	750	750	800	800	900

Техническое задание № 10  
Спроектировать привод цепного конвейера

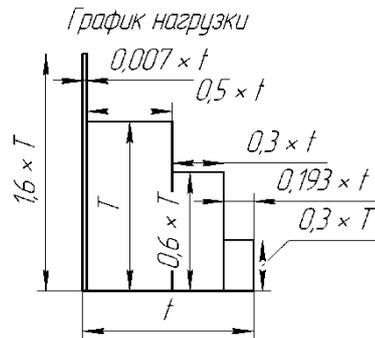
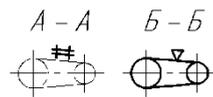
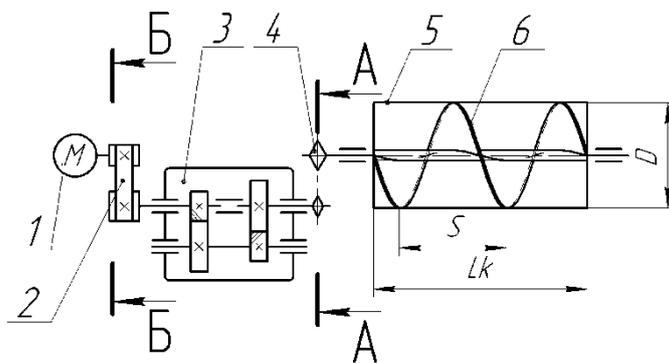


1 – электродвигатель; 4 – открытая цепная передача;  
2 – открытая передача клиноременная; 5 – звездочка тяговая:  $d_{зв}$ ;  
3 – редуктор червячный; 6 – натяжное устройство.  
Скорость вращения звездочки: Срок службы:  $L = 5$  лет;  $k_T = 0,7$ ;  $k_c = 0,6$ .

$$n_{зв} = \frac{60 \cdot 10^3 \cdot v_{ц}}{t z_{зв}}, \text{ об/мин.}$$

Параметры	Варианты и значения параметров									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$F_t$ , кН	49,0	6,40	7,30	9,10	10,5	14,0	17,6	22,5	30,0	31,7
$v_{ц}$ , м/с	0,55	0,31	0,37	0,39	0,47	0,48	0,56	0,60	0,55	0,63
$t$ , мм	250	100	100	125	125	160	160	200	200	250
$z_{зв}$	7	5	6	5	6	6	7	6	7	8
$B$ , мм	800	300	300	400	400	500	570	600	600	800
$H$ , мм	900	700	700	700	750	750	750	800	800	900
$h$ , мм	250	100	100	125	125	160	160	200	200	250

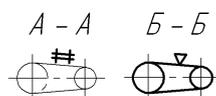
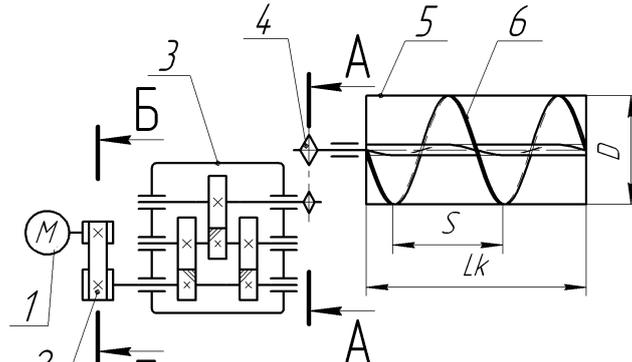
Техническое задание № 11  
Спроектировать привод винтового конвейера



- 1 – электродвигатель; 4 – открытая цепная передача;  
 2 – открытая передача клиноременная; 5 – корпус конвейера длиной  $L_k$ ;  
 3 – редуктор двухступенчатый цилиндрический соосный; 6 – винт:  $D, S$ .  
 Скорость вращения винта:  $n_v$ , об/мин. Срок службы:  $L = 5$  лет;  $k_T = 0,65$ ;  
 $k_c = 0,65$ .

Параметры	Варианты и значения параметров									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$Q_{\text{ч}}$ , т/ч	100	12,5	16	25	32	40	50	50	65	80
$L_k$ , м	20	20	20	20	20	20	25	25	30	20
$D$ , мм	650	320	320	400	400	500	500	500	500	650
$S$ , мм	500	250	250	320	320	400	400	400	400	500
$n_v$ , об/мин	30,0	23,6	30,0	23,6	30,0	23,6	30,0	23,6	30,0	23,6
$\omega$	2,5	1,6	1,6	1,6	1,6	2,5	2,5	1,6	1,6	2,5

Техническое задание № 12  
 Спроектировать привод винтового конвейера



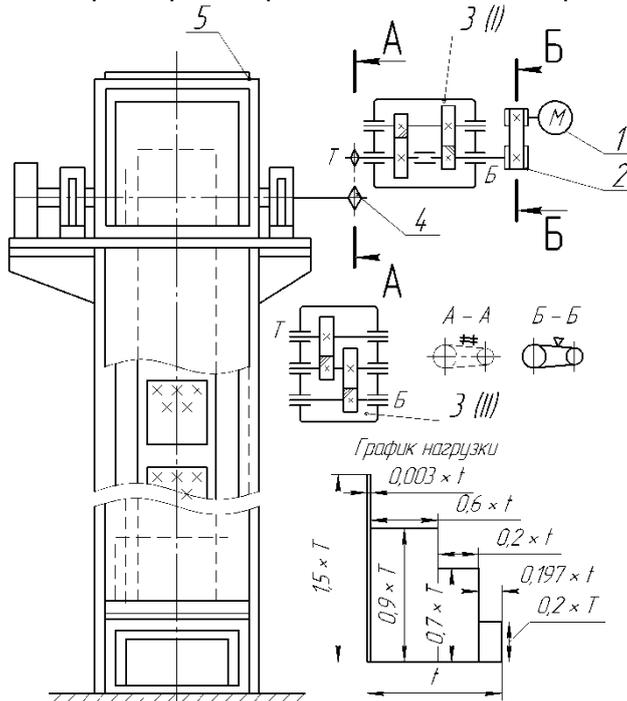
- 1 – электродвигатель; 4 – открытая цепная передача;

2 – открытая передача  
клиноременная;  
3 – редуктор двухступенчатый  
цилиндрический соосный с двумя  
промежуточными валами;  
Скорость вращения винта:  
 $n_b$ , об/мин.

5 – корпус конвейера длиной  $L_k$ ;  
6 – винт:  $D, S$ .  
Срок службы:  $L = 5$  лет;  $k_T = 0,65$ ;  
 $k_c = 0,65$ .

Параметры	Варианты и значения параметров									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$Q_ч$ , т/ч	100	12,5	16	25	32	40	50	50	65	80
$L_k$ , м	20	20	20	20	20	20	25	25	30	20
$D$ , мм	650	320	320	400	400	500	500	500	500	650
$S$ , мм	500	250	250	320	320	400	400	400	400	500
$n_b$ , об/мин	30,0	23,6	30,0	23,6	30,0	23,6	30,0	23,6	30,0	23,6
$\omega$	2,5	1,6	1,6	1,6	1,6	2,5	2,5	1,6	1,6	2,5

Техническое задание № 13  
Спроектировать привод ленточного элеватора

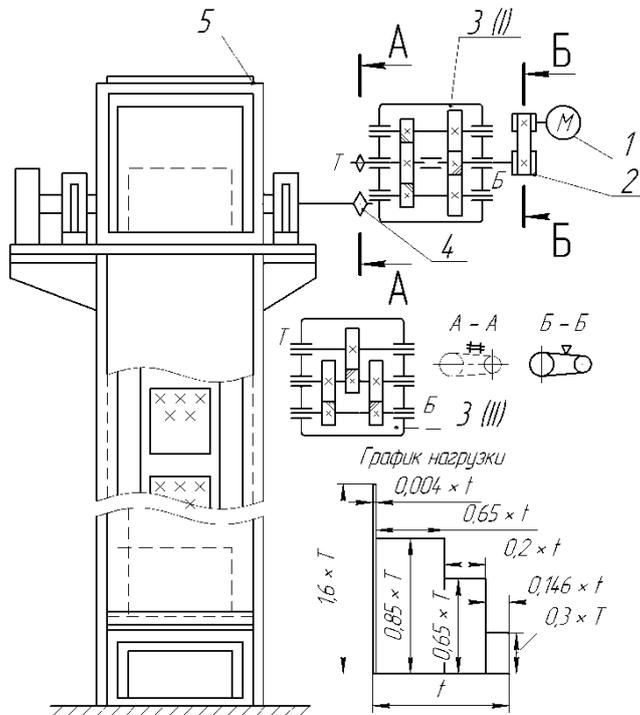


1 – электродвигатель; 4 – открытая цепная передача;  
2 – открытая передача клиноременная; 5 – элеватор.  
3 – редуктор двухступенчатый  
цилиндрический;  
Скорость вращения барабана: Срок службы:  $L = 5$  лет;  $k_T = 0,6$ ;  $k_c = 0,4$ .

$$n_6 = \frac{60 \cdot 10^3 \cdot v}{\pi D}, \text{ об/мин.}$$

Параметры	Варианты и значения параметров									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$F_t$ , кН	4,15	3,30	4,15	5,00	6,20	7,90	11,0	14,2	10,0	6,10
$v$ , м/с	1,20	0,60	0,65	0,71	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00	1,10
$D$ , мм	500	250	320	320	400	400	630	630	500	500
$b_d$ , мм	400	150	200	200	250	250	300	300	400	400
$t_ч$ , мм	400	200	200	250	250	250	320	320	400	400
Схема редуктора	II	II	II	I	I	II	II	I	I	II

Техническое задание № 14  
Спроектировать привод ленточного элеватора



- 1 – электродвигатель; 4 – открытая цепная передача; 5 – элеватор.  
 2 – открытая передача клиноременная; 3 – редуктор двухступенчатый цилиндрический;  
 Скорость вращения барабана: Срок службы:  $L = 5$  лет;  
 $k_T = 0,65$ ;  $k_C = 0,35$ .

$$n_6 = \frac{60 \cdot 10^3 \cdot v}{\pi D}, \text{ об/мин.}$$

Параметры	Варианты и значения параметров									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$F_t$ , кН	4,15	3,30	4,15	5,00	6,20	7,90	11,0	14,2	10,0	6,10
$v$ , м/с	1,20	0,60	0,65	0,71	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00	1,10
$D$ , мм	500	250	320	320	400	400	630	630	500	500
$b_{л}$ , мм	400	150	200	200	250	250	300	300	400	400
$t_{ч}$ , мм	400	200	200	250	250	250	320	320	400	400
Схема редуктора	II	II	I	I	II	I	II	I	II	I
$b_{л}$ , мм	400	150	200	200	250	250	300	300	400	400
$t_{ч}$ , мм	400	200	200	250	250	250	320	320	400	400

### Методика выполнения.

Ограниченное число типоразмеров стандартных клиновых ремней позволяет определить допустимую нагрузку для каждого типоразмера ремня, а расчёт передачи свести к подбору типа и числа ремней по методике, изложенной в ГОСТ 1284.3–96.

По ГОСТ 12841–89 изготавливают клиновые ремни семи типов – Z(O), A, B(Б), C(B), D(Г), E(Д), EO(E). Ремни сечения Z(O) применяют для передачи мощности до 2 кВт, а сечения EO(E) – свыше 200 кВт, однако для вновь проектируемых приводов сечение ремня EO(E) не применять.

1. Сечение ремня выбирают по графику рис. 1, где область применения данного сечения расположена выше собственной линии и ограничена линией предыдущего сечения.

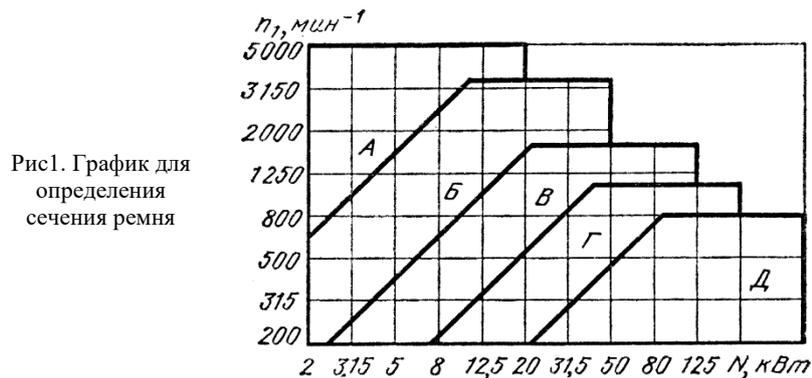


Рис.1. График для определения сечения ремня

2. По графикам рис. 2–4 определяют номинальную мощность  $P_0$ , передаваемую одним ремнём в условиях типовой передачи при угле обхвата ведущего шкива  $180^\circ$  и передаточном числе  $U = 1$ , спокойной нагрузке, базовой длине ремня, среднем ресурсе. Расчёт выполняют по диаметру малого ведущего шкива  $d_{p1}$ . При выборе диаметров из числа стандартных следует учитывать, что при меньших диаметрах уменьшаются габариты передачи, но увеличивается число ремней.

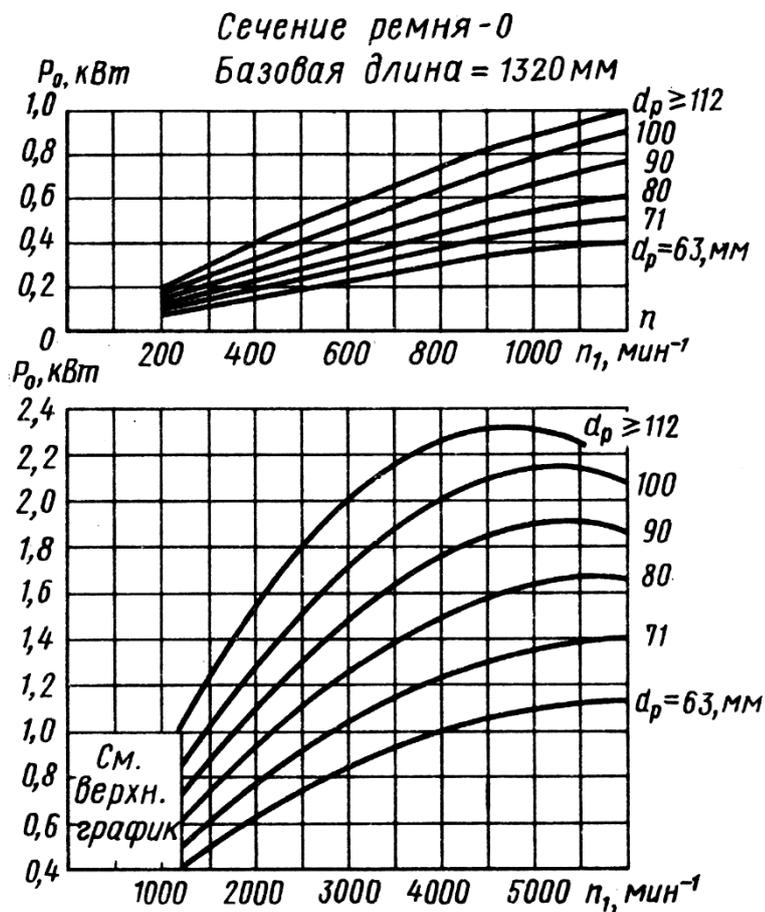


Рис. 2. Номинальная мощность, передаваемая сечением О

Сечение ремня-А  
базовая длина = 1700 мм

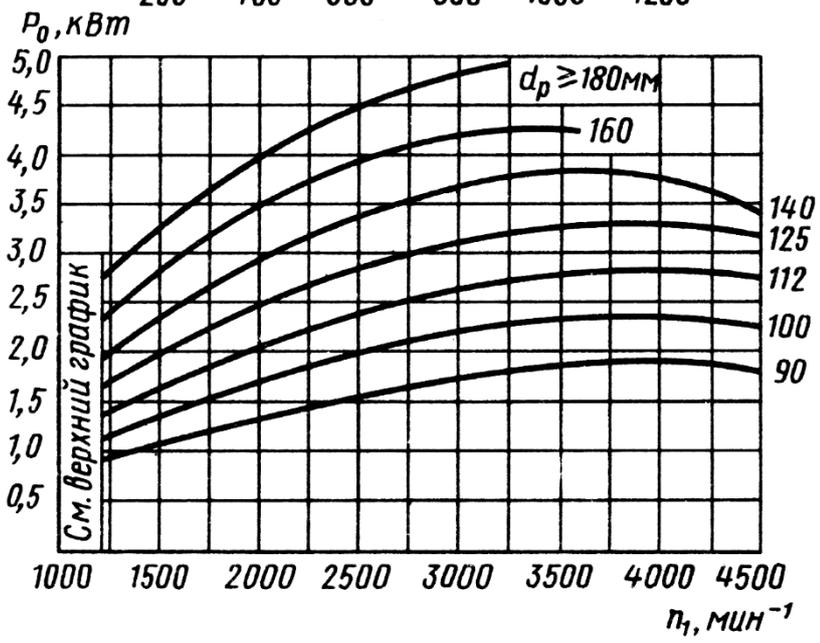
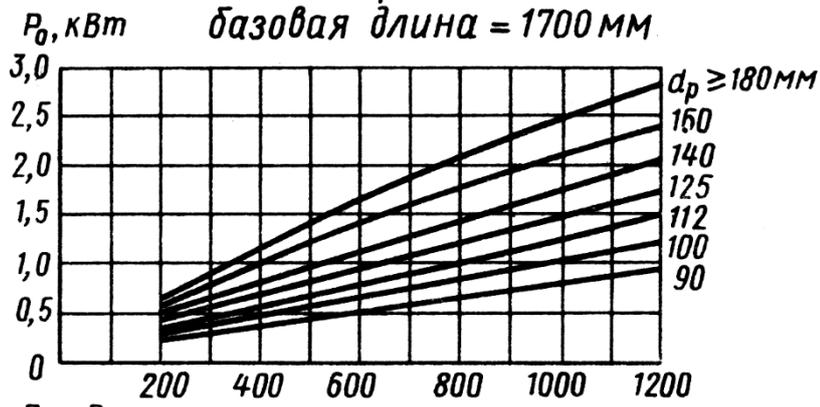


Рис. 3. Номинальная мощность, передаваемая сечением А

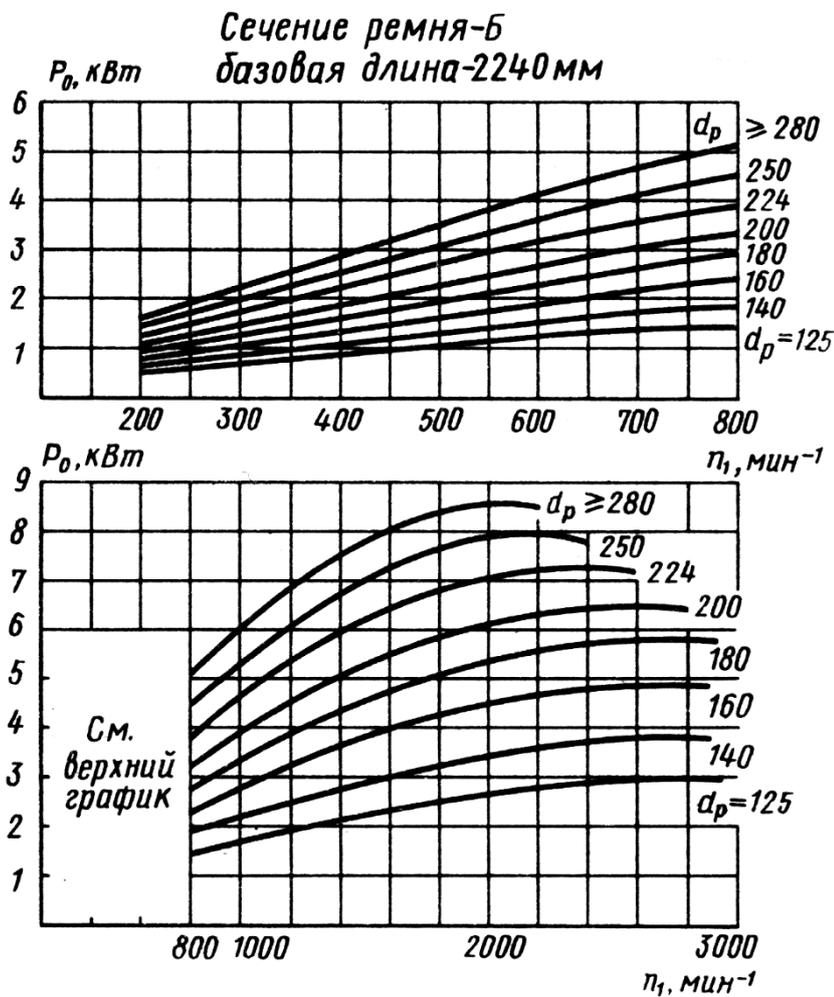


Рис. 4. Номинальная мощность, передаваемая сечением Б

Ряд расчётных диаметров  $d_p$ , мм: 63, 71, 80, 90, 100, 112, 125, 140, 160, 180, 200, 224, 250, 280, 315, 355, 400, 450, 500, 560, 630, 710, 800, 900, 1000 и далее по ряду  $Ra40$ .

3. Определяют мощность  $P_p$ , кВт, передаваемую одним ремнём в условиях рассчитываемой передачи:

$$P_p = P_0 C_\alpha C_l C_U / C_p,$$

- где  $C_\alpha$  – коэффициент угла обхвата (табл. 1);  
 $C_l$  – коэффициент длины ремня по графику (см. рис. 4.5);  
 $C_U$  – коэффициент передаточного числа по графику (рис. 4.6);  
 $C_p$  – коэффициент режима нагружения (табл. 2).

Таблица 1.. Коэффициент угла обхвата

$\alpha$ , град	220	210	200	190	180	170	160
$C_\alpha$	1,08	1,06	1,04	1,02	1,00	0,98	0,95
$\alpha$ , град	150	140	130	120	110	100	90
$C_\alpha$	0,92	0,89	0,86	0,82	0,78	0,74	0,69

Таблица 2. Коэффициент режима нагружения

Коэффициент	Характер нагрузки при перегрузке, %			
	Спокойная	Умеренные колебания	Значительные колебания	Ударная или резко неравномерная
	До 120	До 150	До 200	До 300
$C_p$	1,0...1,2	1,1...1,3	1,3...1,5	1,5...1,7

$K_1$	2,5	1,0	0,5	0,25
-------	-----	-----	-----	------

В случае использования ремней других сечений необходимо обратиться к соответствующим таблицам ГОСТ 1284.3–96.

4. По проектному значению передаточного числа клиноременной передачи определяем диаметр ведомого шкива  $d_{p2}$ , мм, с округлением до ближайшего значения по ряду  $Ra40$ :

$$d_{p2} = d_{p1}U_1.$$

При заданной длине ремня  $l_p$  межосевое расстояние определяется так:

$$a_1 = \left( \frac{2l_p - \pi(d_{p2} + d_{p1})}{8} + \sqrt{\left[ \frac{2l_p - \pi(d_{p2} + d_{p1})}{8} \right]^2 - 8(d_{p2} - d_{p1})^2} \right) / 8.$$

Угол обхвата ремнём меньшего шкива  $\alpha_1$ , град, определяется следующим образом:

$$\alpha_1 = 180 - 57 \frac{d_{p2} - d_{p1}}{a_1} \text{ при } \alpha_1 > 110^\circ;$$

$$\alpha_1 = 2 \arccos \left( \frac{d_{p2} - d_{p1}}{2a_1} \right) \text{ при } \alpha_1 \leq 110^\circ.$$

Рекомендуемые параметры:

$$0,7(d_{p2} + d_{p1}) < a_1 < 2,0(d_{p2} + d_{p1}) \text{ и } \alpha_1 \geq 120^\circ.$$

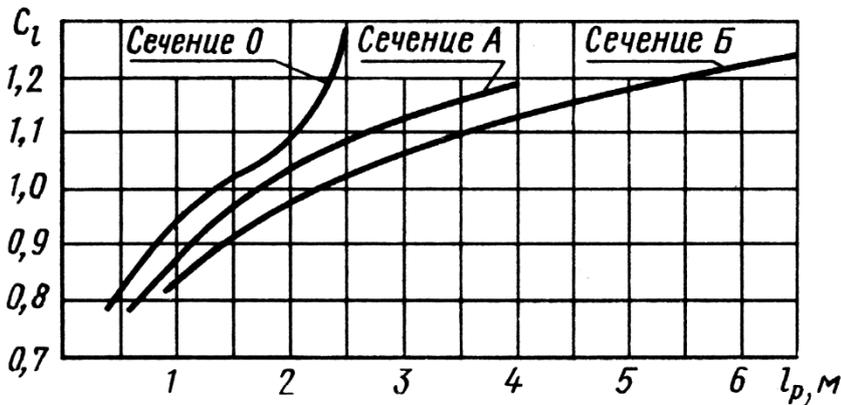


Рис. 5. Коэффициент длины ремня

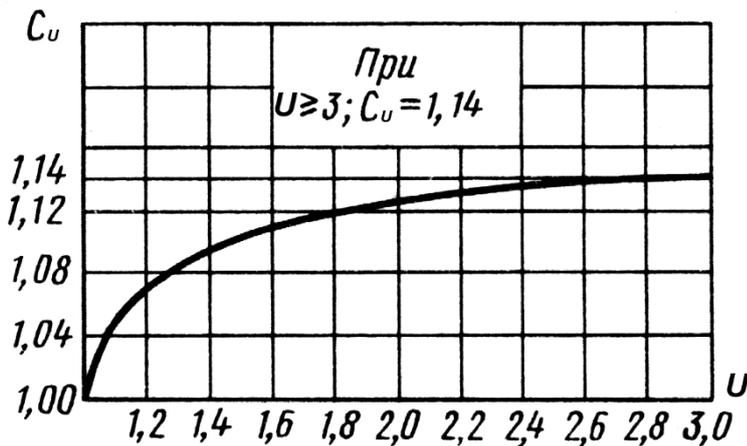


Рис. 6. Коэффициент передаточного числа

В случае использования ремней других сечений необходимо обратиться к соответствующим таблицам ГОСТ 1284.3–96.

5. Предварительно определяется необходимое количество ремней  $z_{рп} = P_1 / P_p$  и коэффициент числа ремней  $C_z$

$z_{рп}$	1	2...3	4...6	>6
$C_z$	1	0,95	0,90	0,85

И окончательно:  $z_p = P_1 / (P_p C_z)$  с округлением в большую сторону. Чем больше ремней, тем труднее получить их равномерную загрузку.

6. Определяют силу предварительного натяжения ветви одного ремня:

$$F_0 = \frac{0,85 P C_p C_l}{z_p v C_\alpha C_U} + 1250 A v^2,$$

где  $v = \frac{\pi d_{p1}}{60000}$  – линейная скорость движения ремня, (в клиноременных передачах на более 30 м/с), м/с;

$A$  – площадь сечения ремня,  
 $Z - 47 \times 10^{-6}$ ;  $A - 81 \times 10^{-6}$ ;  $B - 138 \times 10^{-6}$ , м<sup>2</sup>.

7. Определяют силы, действующие на валы (ведущий и ведомый) с учётом числа ремней и того, что второе слагаемое в формуле – сила, нагружающая вал только в статическом состоянии передачи.

8. Определяется ресурс ремней, ч:

$$L = L_{cp} K_1 K_2,$$

где  $L_{cp} = 2000$  – ресурс при среднем режиме, ч;

$K_1$  – коэффициент, зависящий от режима нагрузки (см. выше);

$K_2$  – коэффициент климатических условий: центральные зоны  $K_2 = 1$ , зоны с холодным климатом  $K_2 = 0,75$ .

Параметрами оптимизации являются: тип ремня (с учётом числа ремней); диаметры шкивом (с учётом ресурса); межосевое расстояние (с учётом ресурса).

## Лабораторная работа

### Тема: «Расчет зубчатой цилиндрической передачи»

#### 1. Исходные данные

Исходные данные для расчета выбираются по таблице 1.1. При этом мощность и частота вращения ведомого вала выбираются по остатку от деления шифра студента на 28. Тип передачи и расположение колес относительно опор выбираются по первой букве фамилии студента.

Таблица 1.1

Исходные данные

N вариант а	Мощность на ведомом валу, кВт	Частота вращения ведомого вала, мин.	Первая буква фамилии	Тип передачи	Расположение колес относительно опор
1	2	3	4	5	6
1	3	200	А	Прямозубая	Симметричное
2	4	250	Б	Косозубая	Симметричное
3	5	180	В	Прямозубая	Симметричное
4	6	190	Г	Косозубая	Консольное
5	7	200	Д	Прямозубая	Консольное
6	8	230	Е	Косозубая	Симметричное
7	9	210	Ж	Прямозубая	Симметричное
8	10	220	З	Косозубая	Симметричное
9	11	240	И	Прямозубая	Консольное
10	12	250	К	Косозубая	Консольное
11	13	190	Л	Прямозубая	Симметричное
12	14	270	М	Косозубая	Симметричное
13	15	280	Н	Прямозубая	Симметричное
14	16	290	О	Косозубая	Симметричное
15	17	300	П	Прямозубая	Консольное
16	18	320	Р	Косозубая	Консольное
17	19	205	С	Прямозубая	Симметричное
18	20	240	Т	Косозубая	Симметричное
19	21	260	У	Прямозубая	Симметричное
20	22	200	Ф	Косозубая	Консольное
21	23	245	Х	Прямозубая	Симметричное
22	24	315	Ц	Косозубая	Симметричное
23	25	260	Ч	Прямозубая	Симметричное
24	26	270	Ш	Косозубая	Симметричное
25	27	280	Щ	Косозубая	Симметричное
26	22	315	Э	Косозубая	Симметричное
27	24	320	Ю	Косозубая	Симметричное
28	15	300	Я	Косозубая	Симметричное

Перед выполнением работы следует изучить основные вопросы теории зацепления, расчета на прочность, жесткость и выносливость зубчатых передач, валов; выбора и расчета призматических шпонок, подшипников качения и муфт. Необходимо изучить вопросы конструирования зубчатых колес, валов и подшипниковых опор. Пояснительная записка должна быть выполнена на стандартных листах формата А4, листы должны быть пронумерованы и сшиты между собой.

В начале пояснительной записки должны быть: содержание, задание, кинематическая схема привода. В конце записки указывается литература, которая, была использована при выполнении работы. Титульный лист записки оформляется чертежным шрифтом. Форма и текстовое содержание приведены в методических указаниях. Чертежи рекомендуется выполнять в масштабе 1:1.

#### 2. Выбор электродвигателя

Пример выполнения кинематической схемы привода показан на рис. 2.1. Мощность электродвигателя Р<sub>дв</sub> определяется по формуле 2.1:

$$P_{\text{дв}} = P_2 / \eta, \quad (2.1)$$

где  $P_2$  – мощность на ведомом валу редуктора согласно задания, кВт;  
 $\eta$  – К.П.Д. редуктора.

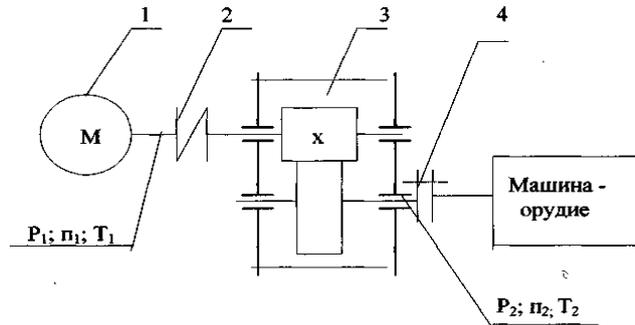


Рис. 2.1. Кинематическая схема привода  
 1 – электродвигатель типа 4А; 2 – муфта упругая втулочно-пальцевая;  
 3 – редуктор одноступенчатый; 4 – муфта жесткая компенсирующая

КПД одноступенчатого цилиндрического редуктора равен 0,96...0,98. По расчетной мощности выбирают электродвигатель, выписывая из таблицы следующие его данные: тип электродвигателя, мощность, частоту вращения, диаметр и длину выходного конца вала.

### 3. Кинематический расчет редуктора

Передаточное число редуктора равно:

$$U = n_{\text{дв}} / n_2,$$

где  $n_{\text{дв}}$  – частота вращения электродвигателя, об./мин.;  
 $n_2$  – заданная частота вращения ведомого вала, об./мин.

Передаточное число необходимо согласовать с ГОСТ 2185-66 и уточнить частоту вращения ведомого вала редуктора  $n_2$ . Отклонение полученной частоты вращения от заданной не должно превышать  $\pm 5\%$ .

### 4. Определение основных параметров редуктора

Основными расчетными параметрами, необходимыми для определения размеров редуктора, являются мощность, частота вращения и крутящий момент на ведущем и ведомом валах. Ведущий вал редуктора имеет индекс 1. Мощность и частоту вращения ведущего вала обычно принимают равными мощности и частоте вращения электродвигателя, т. е.

$$P_1 = P_{\text{дв}}; \quad n_1 = n_{\text{дв}}.$$

Крутящий момент (Н м) равен:

$$T_1 = 9550 \cdot P_1 / n_1 \text{ или } T_1 = 10^3 P_1 / \omega, \quad (4.1)$$

где  $\omega$  – угловая скорость ведущего вала,  $\text{с}^{-1}$ .

Ведомый вал редуктора, (индекс 2).

Мощность  $P_2 = P_1 \cdot \eta$ , кВт, частота вращения  $n_2 = n_1 / u$ , об/мин, крутящий момент  $T_2 = T_1 \cdot u \cdot \eta$ , Н.м.

Полученные значения удобно свести в таблицу.

Таблица 4.1

Основные параметры редуктора

Вал редуктора	Расчетные параметры редуктора		
	Мощность, кВт	Частота вращения, об./мин	Крутящий момент, Н·м
Ведущий (1)	$P_1 =$	$n_1 =$	$T_1 =$
Ведомый (2)	$P_2 =$	$n_2 =$	$T_2 =$

## 5. Расчет зубчатой передачи

### 5.1. Выбор материала

Расчет и проектирование зубчатых передач начинают с выбора материала и вида термической обработки.

Основными критериями работоспособности и расчета зубчатых передач являются контактная прочность рабочих поверхностей зубьев (для закрытых передач) и выносливость зубьев по изгибным напряжениям (открытые зубчатые передачи). При этом основное влияние на контактную прочность оказывает твердость поверхностного слоя материала и зубчатого колеса. Для получения необходимой твердости используется выбор соответствующей марки материала и вида термообработки.

В зависимости от конечной твердости стальные зубчатые колеса делят на две группы: с твердостью  $H_{нв} < 350$  (полученные путем нормализации или улучшения материала) и  $H_{нв} > 350$  (объемная или поверхностная закалка, химике – термическая обработка). Материалы с твердостью  $H_{нв} < 350$  хорошо обрабатываются и притираются в процессе работы.

В связи с тем, что у шестерни число циклов нагружения, как правило, больше чем у колеса, а также для улучшения прирабатываемости колес твердость шестерни для прямозубых колес должна превышать твердость колеса на 25...50 единиц  $HВ$ , для косозубых на 50...100 единиц.

Ниже представлены рекомендуемые сочетания материалов шестерни и колеса.

Таблица. 5.1

Рекомендуемые сочетания материалов при твердости  $H_{нв} < 350$

Шестерня	Колесо	Шестерня	Колесо	Шестерня	Колесо
45	35	50Г	45	30ХГС	35Х 40Х 40ГЛ
	35Л		50Л		
	40Л		55Л		
	40		50Г		
	45		Ст6		
50	35	35Хили 40Х	50	40ХН	35Х 40Х 55Л 40ГЛ
	45Л		55		
	Ст5		55Л		
			35ГЛ		
			40ГЛ		
55	45				
	55Л				
	Ст6				

Таблица .5.2

Рекомендуемые сочетания материалов при твердости  $H_{нв} > 350$

Шестерня		Колесо		
45;	50;	35;	40;	50
55;	50Г;	40;	45;	
35Х;	40Х;	50;	55	
	40ХН	35Х;	40Х	

Механические свойства сталей и стальных отливок приведены в табл. 5.3

Таблица.5.3

Механические свойства сталей и стальных отливок

Марка стали	Термообработка	Твердость $H_{нв}$	Твердость $H_{нвс}$	Предел прочности, $\sigma_{в}$ , МПа	Предел текучести, $\sigma_{т}$ , МПа	Предел выносливости $\sigma_{-1}$ , МПа
1	2	3	4	5	6	7
Ст5	Нормализ.	140-170	17	500	270	240
Ст6	Нормализ.	150...200	18	600	300	260

35	Горячекат Закалка с отпуском	< 187 285...375	16 30...40	540 1000	320 650	220 -
40	Нормализ.	<229	22	600	330	250
45	Горячекат. Улучшен.	241 240...285	24 24...30	610 850	360 580	250 340
50	Нормализ. Улучшен.	<229 258...310	22 26...34	620 790	320 540	280 360
55	Нормализ.	185...229	до22	630	320	280
30ХГС	Нормализ.	215...229	18...22	890	690	
35Х	Нормализ. Улучшен.	190...241 220...260	18...24 21...27	690 740	440 490	
40Х	Улучшен. Закалка	230...270 240...280	22...28 24...29	750 1000	520 800	340 400
40ХН	Улучшен. Закалка	255...300 375...480	26...33 40...50	920 1300	750 1100	440
50Г	Нормализ. Улучшен.	190...230 241...285	17...22 24...30	638 726	364 412	
35Л	Нормализ.	125...170		500	280	250
40Л	Нормализ.	>147		530	300	260
45Л	Нормализ.	>153		550	320	280
55Л	Нормализ.	155...217		600	350	300
35ГЛ	Улучшен.	>174		590	340	
40ГЛ	Улучшен.	>174		630	320	

## 5.2. Расчет допускаемых напряжений

### 5.2.1. Допускаемые контактные напряжения

Допускаемые контактные напряжения определяются по формуле:

$$\sigma_{HP} = \sigma_{Hlimb} \cdot K_{HL} \cdot Z_R \cdot Z_V \cdot K_L \cdot K_{xH} / S_H \quad (5.1)$$

где  $\sigma_{Hlimb}$  – предел контактной выносливости зубьев, соответствующий базовому числу циклов перемены напряжений,  $N_{HO}$ ;

$K_{HL}$  – коэффициент долговечности;

$S_H$  – коэффициент безопасности;

$Z_R$  – коэффициент, учитывающий шероховатость сопряженных поверхностей зубьев;

$Z_V$  – коэффициент, учитывающий окружную скорость;

$K_L$  – коэффициент, учитывающий влияние смазки;

$K_{xH}$  – коэффициент, учитывающий размеры зубчатого колеса.

В качестве допускаемого контактного напряжения для прямозубых цилиндрических передач из двух значений  $\sigma_{HP}$  (для шестерни  $\sigma_{HP1}$  и колеса  $\sigma_{HP2}$ ) принимают меньшее. При расчете косозубых передач принимают условное контактное напряжение, определяемое по формуле:

$$\sigma_{HP} = 0,45(\sigma_{HP1} + \sigma_{HP2}) \quad (5.2)$$

Предел контактной выносливости поверхностей зубьев определяется в зависимости от термообработки материала зубчатых колес из табл. 5.4.

Таблица 5.4

Предел контактной выносливости для углеродистых и легированных сталей

Способы термической обработки зубьев	Средняя твердость поверхности зубьев	Расчетная формула $\sigma_{HP}$ , МПа
Без термообработки, отжиг, нормализация или улучшение	$H_{HB} < 350$	$2H_{HB} + 70$
Объемная закалка	$H_{HRC} = 38...50$	$18H_{HRC} + 150$
Поверхностная закалка	$H_{HRC} = 40...50$	$17H_{HRC} + 200$

Коэффициент долговечности определяют в зависимости от отношения базового  $N_{HO}$  и эквивалентного  $N_{HE}$  чисел циклов перемены напряжений. В настоящей контрольной работе принято, что  $N_{HE} > N_{HO}$ , т. е.  $K_{HL} = 1,0$ .

Коэффициент безопасности  $S_H$  принимает следующие значения:  
 $S_H = 1,1$  при однородной структуре материала (улучшение, нормализация, объемная закалка);  
 $S_H = 1,2$  при поверхностном упрочнении зубьев (поверхностная закалка).  
Значения коэффициентов  $Z_v, Z_R, K_L, K_{xH}$  в рамках контрольной работы можно принять равными 1,0.

### 5.2.2. Допускаемые напряжения при расчете на выносливость зубьев при изгибе

Допускаемые напряжения определяют отдельно для шестерни и колеса по формуле:

$$\sigma_{FP} = \sigma_{F\limb} \cdot K_{FL} \cdot K_{FC} \cdot K_{x_F} / S_F \quad (5.3)$$

где  $\sigma_{F\limb}$  – предел выносливости зубьев при изгибе, соответствующий базовому числу циклов нагружения, определяемый по табл. 5.5;

$S_F$  – коэффициент безопасности, равный 1,7...2,2, большие значения принимают для литых заготовок;

$K_{FC}$  – коэффициент, учитывающий влияние направления приложенной нагрузки.

При одностороннем приложении (неревверсивные передачи)  $K_{FC} = 1,0$ . При двустороннем (реверсивные)  $K_{FC} = 0,7...0,8$ .

Таблица 5.5

Предел выносливости зубьев при изгибе

Способы термической обработки зубьев	Средняя твердость материала зубьев	Расчетная формула $\sigma_{F\limb}$ , МПа
Без термообработки, отжиг, нормализация или улучшение	$H_{нв} = 180...300$	$1,8 H_{нв}$
Объемная закалка	$H_{HRC} = 45...55$	$550...600$

### 5.3. Расчет передачи на контактную прочность

Метод расчета силовых зубчатых эвольвентных цилиндрических передач внешнего зацепления стандартизован ГОСТ 21354–75.

Предварительно межосевое расстояние закрытой цилиндрической передачи определяют по формуле:

$$a_w = K_a (U + 1) \sqrt[3]{\frac{T_{2H} \cdot K_{H\beta}}{u^2 \cdot \psi_{ba} \cdot \sigma_{HR}^2}}, \quad (5.4)$$

где  $K_a$  – вспомогательный размерный коэффициент, равный для прямозубой передачи – 495, для косозубой – 430;

$u$  – передаточное число передачи;

$T_{2H}$  – расчетный крутящий момент на ведомом валу, Нм;

$\psi_{ba}$  – коэффициент рабочей ширины зубчатого венца колеса передачи, равный  $\psi_{ba} = \frac{b_2}{a_w}$ . Для

редукторных передач рекомендуется принимать 0,25; 0,315; 0,4;

$K_{H\beta}$  – коэффициент неравномерности распределения нагрузки по ширине венца выбирается по

Приложению 2 в зависимости от коэффициента рабочей ширины зубчатого венца колеса передачи  $\psi_{bd} = \frac{b_2}{d_1}$

и расположения колес относительно опор.

Коэффициент  $\psi_{bd}$  связан с коэффициентом  $\psi_{ba}$  зависимостью:

$$\psi_{bd} = \frac{\psi_{ba} \cdot (u + 1)}{2}. \quad (5.5)$$

Полученное расчетное значение межосевого расстояния согласовывают со стандартными (ГОСТ 2185–76) значениями, выбирая ближайшее большее, ближайшее меньшее можно принимать, если

$$\frac{(a_{cm} - a_p) \cdot 100\%}{a_p} < 4\%,$$

здесь индексы "cm" – стандартное значение, "p" – расчетное значение межосевого расстояния.

Стандартные значения приведены в табл. 5.6 (следует предпочитать 1-й ряд).

Таблица 5.6

Стандартные значения межосевых расстояний	
Ряды	Межосевое расстояние, мм
1-й	40,50,63,80,100,125,160,200,250,315,400,500,630,800,1000 1250,1600,2000,2500
2-й	140,180,225,280,355,450,560,710,900,1120,1400,1800,2240

Модуль зацепления принимают в пределах:  
 для незакаленных зубчатых колес  $m = (0,01 \dots 0,02) a_w$ ;  
 для закаленных зубчатых колес  $m = (0,016 \dots 0,0315) a_w$ .

Полученное значение модуля согласовывают со стандартным (СТСЭВ 310-76) значением из табл. 5.7, выбирая предпочтительно из 1 ряда.

Таблица 5.7

Стандартные значения модулей	
Ряды	Модуль, мм
1-й	1; 1,25; 1,5; 2; 2,5; 3; 4; 5; 6; 8; 10; 12; 16; 20; 25;
2-й	1,125; 1,375; 1,75; 2,25; 2,75; 3,5; 4,5; 5,5; 7; 9; 11; 14; 18; 22;

В случае прямозубой передачи модуль следует подобрать таким образом, чтобы суммарное число зубьев по формуле (5.6) получилось целым числом.

Суммарное число зубьев, округляемое до целого значения, определяют по формуле:

$$Z_c = \frac{2a_w \cos \beta}{2m}, \quad (5.6)$$

где  $\beta$  – угол наклона зубьев, предварительно принимаемый в пределах  $8 \dots 12^\circ$  и затем его уточняют по выражению:

$$\beta = \frac{\arccos Z_c m_n}{2a_w} \quad (5.7)$$

Числа зубьев колес, округленные до ближайшего целого числа, рассчитывают для шестерни и колеса:

$$Z_1 = \frac{Z_c}{(u+1)}, \quad Z_2 = Z_c - Z_1.$$

Уточненное значение передаточного числа передачи равно:

$$U_y = Z_2 / Z_1.$$

Необходимо, чтобы отклонение передаточного числа не превышало 5 %.

В противном случае необходимо изменить числа зубьев шестерни и колеса.

Геометрические параметры зубчатых колес:

– диаметры делительных окружностей:

$$d_1 = \frac{m_n \cdot Z_1}{\cos \beta}; \quad d_2 = \frac{m_n \cdot Z_2}{\cos \beta},$$

$$d_{a1} = d_1 + 2m_n \quad d_{a2} = d_2 + 2m_n,$$

– диаметры окружностей впадин:

$$df1 = d1 - 2,5m_n; \quad df2 = d2 - 2,5m_n.$$

Ширина зубчатого венца шестерни и колеса:

$$b_1 = b_2 + (5 \dots 10) \quad b_2 = \psi_{ba} \cdot a_w.$$

Контроль точности определения диаметров делительных окружностей проводится следующим образом:

$$a_w - f_{aw} \leq (d_1 + d_2)/2 \leq a_w + f_{aw},$$

где  $f_{aw}$  – допуск на межосевое расстояние [1], выбираемый в зависимости от степени точности и вида сопряжения передачи, рекомендуемый вид сопряжения В, обеспечивающий гарантированный боковой зазор между зубьями в зацеплении. Окружная скорость передачи:

$$V = \pi \cdot d \cdot n / 60 \cdot 1000 \text{ м/с.}$$

В зависимости от  $V$  выбираем степень точности передачи.

#### 5.4. Проверочный расчет зубьев на выносливость при изгибе

Изгибная прочность зубчатого колеса определяется отношением допускаемого напряжения на изгиб к коэффициенту формы зуба  $Y_f$ , определяемого по графику (Приложение 3) в зависимости от эквивалентного числа зубьев  $z_v$  (для прямозубых колес  $z_v = z$ ):

$$z_v = \frac{z}{\cos^3 \beta} \quad (5.8)$$

Если отношение  $(\sigma_{FP1} / Y_{F1}) < (\sigma_{FP2} / Y_{F2})$ , необходимо проверять на изгиб зубья шестерни и в формулу по определению напряжения  $\sigma_F$  подставляются  $Y_F = Y_{F1}$  и  $\sigma_{FP} = \sigma_{FP1}$ .

Если отношение  $(\sigma_{FP1} / Y_{F1}) > (\sigma_{FP2} / Y_{F2})$ , проверяются зубья колеса и подставляются соответственно  $Y_{F2}$  и  $\sigma_{FP2}$ .

Расчетные напряжения на изгиб определяются по формулам:

– для прямозубой передачи:

$$\sigma_F = 2000 \cdot T_{F1} \cdot K_{F\alpha} \cdot K_{F\beta} \cdot K_{FV} \cdot Y_F / b_2 \cdot d_1 \cdot m_n \leq \sigma_{FP} \quad (5.9)$$

– для косозубой передачи:

$$\sigma_F = 2000 \cdot T_{F1} \cdot K_{F\alpha} \cdot K_{F\beta} \cdot K_{FV} \cdot Y_F \cdot Y_\beta / b_2 \cdot d_1 \cdot m_n \leq \sigma_{FP} \quad (5.10)$$

где  $T_{F1}$  – расчетный крутящий момент на шестерне;

$K_{F\alpha}$  – коэффициент, учитывающий распределение нагрузки между зубьями (принять 1,0);

$K_{F\beta}$  – коэффициент, учитывающий распределение нагрузки по ширине венца, брать по графику (Приложение 1);

$K_{FV}$  – коэффициент, учитывающий влияние динамической нагрузки, можно принять для косозубых колес  $K_{FV} = 1,05 \dots 1,1$ , большие значения брать с увеличением скорости и твердости материала;

$Y_\beta$  – коэффициент, учитывающий наклон зубьев; для прямозубых равен 1,0, для косозубых:

$$Y_\beta = 1 - \beta^\circ / 140.$$

Если полученные напряжения окажутся больше допускаемых, необходимо увеличить модуль зацепления или выбрать другой материал

#### 5.5. Расчет передачи на контактную выносливость

Для работы передачи в пределах установленного ресурса времени расчетное значение контактного напряжения не должно превышать допускаемого значения

$$\sigma_H = 22,4 \cdot Z_H \cdot Z_M \cdot Z_\varepsilon \cdot \frac{1}{a_w} \cdot \sqrt{\frac{T_1 \cdot (u+1)^3}{b_2 \cdot u} \cdot K_{H\alpha} \cdot K_{H\beta} \cdot K_{HV}} \leq \sigma_{HP}, \quad (5.11)$$

где  $Z_H$  – коэффициент, учитывающий форму сопряженных поверхностей, выбирается из табл. 5.8.

Таблица 5.8

Значение коэффициента  $Z_H$

Угол наклона зубьев $\beta$	Значение $Z_H$ при коэф. смещения исходного контура рваном "0"
0	1,76
10	1,74
12	1,72
15	1,71
20	1,67

$Z_M$  – коэффициент, учитывающий механические свойства материала, если шестерня и колесо выполнены из стали  $Z_M = 275^{1/2}$ ;

$Z_\varepsilon$  – коэффициент, учитывающий суммарную длину контактных линий в зацеплении, для прямозубых колес  $Z_\varepsilon = 0,9$ , для косозубых 1,1... 1,4;

$Z_{H\alpha}$  – коэффициент, учитывающий распределение нагрузки между зубьями выбирается в зависимости от окружной скорости  $V$  и степени точности передачи, см. Приложение 2;

$K_{H\beta}$  – см. Приложение 1;

$K_{HV}$  – коэффициент, учитывающий динамическую нагрузку, возникающую в зацеплении (см. табл. 5.9), увеличивается с возрастанием окружной скорости.

Таблица 5.9

Значение коэффициента динамичности

Тип передачи	Твердость материала	Значение коэф. $K_{HV}$
Прямозубая	$H_{H\beta} < 350$	1,03...1,3
	$H_{H\beta} > 350$	1,02...1,2
Косозубая	$H_{H\beta} < 350$	1,01...1,07
	$H_{H\beta} > 350$	1,00...1,03

Если условие  $\sigma_H < \sigma_{HP}$  не выполняется, необходимо увеличить межосевое расстояние.

### 5.6. Проектировочный расчет открытой зубчатой передачи

Открытая зубчатая передача рассчитывается на выносливость зубьев при изгибе. Предварительная величина модуля зацепления определяется по формуле (5.12), мм:

$$m = k_m^3 \sqrt{\frac{T_{1F} \cdot K_{F\beta} \cdot Y_F}{z_1^2 \cdot \psi_{bd} \cdot \sigma_{FP1}}}$$

где  $k_m$  – вспомогательный коэффициент, равный 14 для прямозубой передачи и 12,5 – для косозубой.

### 5.7. Определение сил, действующих в зацеплении

В прямозубой цилиндрической передаче нормальная сила  $F_n$  имеет две составляющие:  $F_t$  – окружную силу и  $F_r$  – радиальную силу:

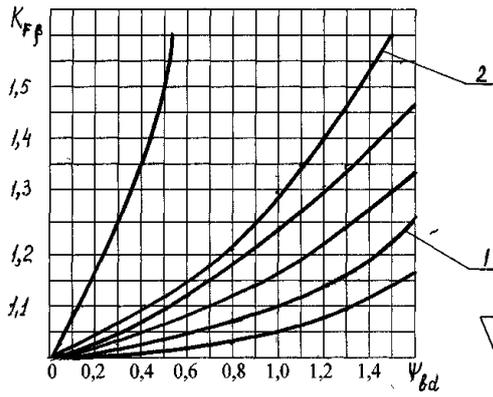
$$F_t = 2T_1 / d_1; \quad F_r = F_t \cdot \operatorname{tg} \alpha; \quad F_n = F_t / \cos \alpha.$$

В косозубой цилиндрической передаче нормальная сила  $F_n$ , действующая в плоскости зацепления, имеет три составляющие: окружную, радиальную и осевую ( $F_a$ ):

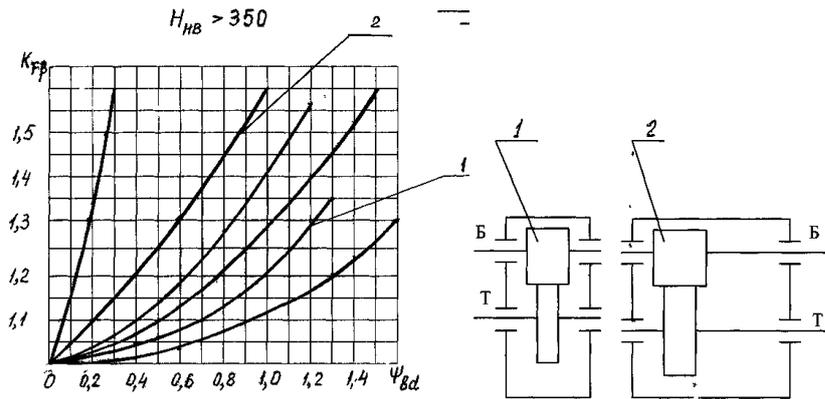
$$F_t = 2T_1 / d_1; \quad F_r = F_t \cdot \operatorname{tg} \alpha / \cos \beta; \quad F_n = F_t / (\cos \alpha \cdot \cos \beta).$$

Значение угла зацепления принять равным  $20^\circ$ .

$H_{HB} < 350$



$H_{HB} > 350$



Приложение 2

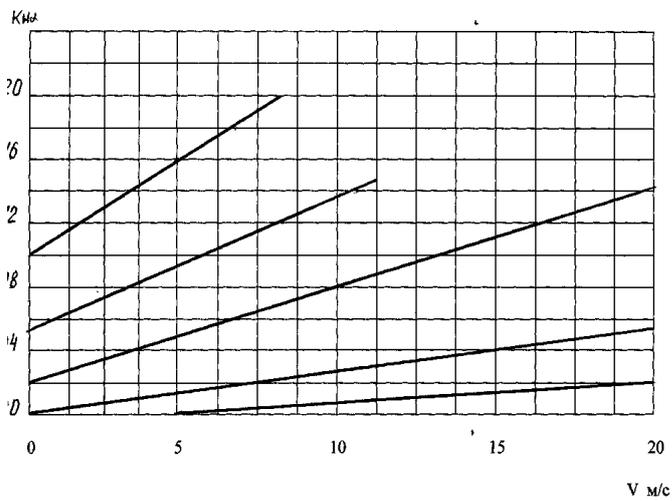


График для определения коэффициента  $K_{H\alpha}$  для косозубых передач в зависимости от окружной скорости и степени точности зубчатых колес

Приложение 3

Коэффициент смещения  $x = 0$

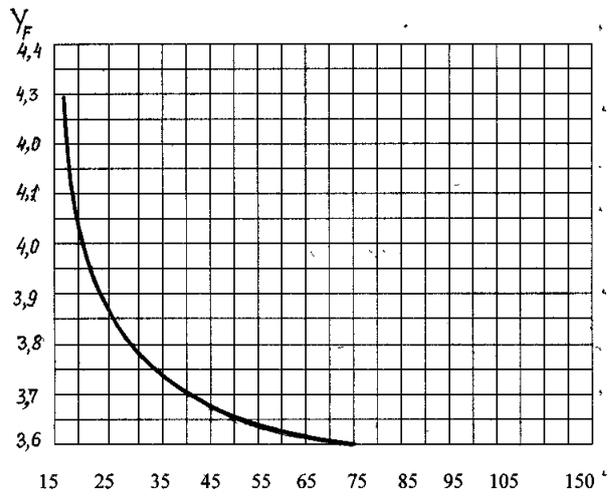


График для определения коэффициента  $Y_F$

# Лабораторная работа

## Тема: «Расчёт фланцевого соединения вала»

### 1.1. Конструкция фланцевого соединения и выбор исходных данных

Резьбовое соединение двух фланцев применяется при соединении отдельных участков валов большой длины. Исходные данные для расчета резьбового соединения приведены в таблице 1.1.

В данной конструкции соединения двух фланцев внешняя нагрузка передается перпендикулярно к оси болта. Наибольшее распространение получила конструкция, в которой болты установлены с зазором в отверстиях фланцев. В этом случае соединение получается дешевле за счет применения болтов нормальной точности и упрощения монтажа и демонтажа соединения

Таблица 1.1

Исходные данные для расчета резьбового соединения

№ п/п	1	2	3	4	5	6	7	8	9
T, Н м	200	400	220	320	380	520	450	250	350
D <sub>0</sub> , мм	180	280	190	220	250	300	280	210	200
Z	4	5	4	5	4	6	5	4	4
№ п/п	10	11	12	13	14	15	16	17	18
T, Н м	420	360	480	500	550	310	270	470	520
D <sub>0</sub> , мм	300	220	260	280	300	240	180	240	250
Z	6	5	6	6	6	5	4	6	6
№ п/п	19	20	21	22	23	24	25	26	27
T, Н м	600	750	420	480	380	520	610	560	430
D <sub>0</sub> , мм	200	350	250	210	220	300	280	250	200
Z	8	6	4	5	4	5	6	6	6

### 1.2. Определение расчетной нагрузки

В данной конструкции соединения двух фланцев внешняя нагрузка передается перпендикулярно к оси болта. Наибольшее распространение получила конструкция, в которой болты установлены с зазором в отверстиях фланцев. В этом случае соединение получается дешевле за счет применения болтов нормальной точности и упрощения монтажа и демонтажа соединения. Если соединение выполнено с зазором как показано на рис. 1.1, то вся внешняя нагрузка (передаваемый крутящий момент) передается от одного фланца на другой только посредством сил трения на плоскость стыка. Для образования необходимой силы трения требуется создать соответствующую предварительную затяжку резьбового соединения. Приблизительно можно принять, что равнодействующая сил трения, вызванных затяжкой каждого болта, приложена в центре соответствующего отверстия.

Соединения будет прочным, (фланцы не сдвигаются) если сила трения под каждым болтом будет больше чем окружное усилие, приходящееся на один болт.

Условие прочности соединения имеет вид:

$$F_{TP1} = K \cdot F_{t1}$$

где K = 1,3 ...2,0 - коэффициент запаса.

Сила трения, приходящаяся на один болт, равна:

$$F_{TP1} = F_{ЗАТ1} \cdot f$$

где F<sub>ЗАТ1</sub> — усилие предварительного затяга одного болта Н;

f — коэффициент трения в стыке деталей. Для сухих чугунных и стальных поверхностей = 0,15...0,2.

Окружное усилие, приходящееся на один болт, равно:

$$F_{t1} = \frac{2T}{D_0 Z}$$

где Z — число болтов.

Необходимое усилие предварительного затяга болтов, которое является расчетной нагрузкой, определяется по формуле:

$$F_{ЗАТ1} = 2T \cdot K / D_0 Z f$$

Из условия прочности на растяжение определяется внутренний диаметр резьбы по формуле (1)

$$d_1 = 1,13 \sqrt{\frac{1,3F_p}{[\sigma_p]}}$$

По внутреннему диаметру резьбы в соответствии с ГОСТ 24705-81 выбираем соответствующую резьбу. Из таблицы стандарта (таблица 2) следует выписать номинальный (наружный) диаметр резьбы, средний диаметр, внутренний диаметр и шаг резьбы.

Таблица 2

Данные о параметрах метрической резьбы по ГОСТ 24705-81

d, мм	d2, мм	d1, мм	P, мм	H, мм
8	7.188	6.647	1.25	0.676
9	8.188	7.647	1.25	0.676
10	9.026	8.376	1.5	0.812
11	10.026	9.376	1.5	0.812
12	10.863	10.106	1.75	0.947
14	12.701	11.835	2.0	1.082
16	14.701	13.835	2.0	1.082
18	16.376	15.294	2.5	1.353
20	18.376	17.294	2.5	1.353
22	20.376	19.294	2.5	1.353
24	22.051	20.752	3.0	1.624
27	25.051	23.752	3.0	1.624
30	27.727	26.211	3.5	1.894
33	30.727	29.211	3.5	1.894
36	33.402	31.670	4.0	2.165
39	36.402	34.670	4.0	2.165
42	39.077	37.129	4.5	2.435
45	42.077	40.129	4.5	2.435
48	44.752	42.587	5.0	2.706
52	48.752	46.587	5.0	2.706
56	52.428	50.046	5.5	2.977
60	56.428	54.046	5.5	2.977
64	60.103	57.505	6.0	3.247

Из условия прочности на смятие определяется необходимое число витков резьбы по формуле (2).  
Условие прочности рабочих витков резьбы болта по направлениям смятия при действии расчетной (суммарной) нагрузки имеет вид:

$$\sigma_{CM} = \frac{4F_p}{\pi(d^2 - d_1^2)i_H} \leq [\sigma_{CM}]$$

Отсюда необходимое число рабочих витков равно:

$$I_H = \frac{4F_p}{\pi(d^2 - d_1^2)[\sigma_{CM}]} \leq I_P$$

Рабочее число витков резьбы определяется высотой гайки, шагом резьбы и равно  $i_P = H/P$ . Ориентировочно высоту гайки можно принять равной  $H = 0,8 d$ . Если окажется невыполненным условие  $i_P > i_H$ , то необходимо выбрать более высокую гайку или увеличить

Кафедра Подъемно-транспортных машин и машиноремонта

Специальность

26.05.06 – Эксплуатация судовых  
энергетических установок

## **ДЕТАЛИ МАШИН И ОСНОВЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ**

Темы Курсовых проектов

1. Спроектировать привод ленточного конвейера.
2. Спроектировать привод цепного конвейера.
3. Спроектировать привод винтового конвейера.
4. Спроектировать привод ленточного элеватора.
5. Спроектировать привод электролебедки.

5 ТЕМ ПО 10 ВАРИАНТОВ

Зав. кафедрой ПТМ и МР



Никитаев И.В.

### **МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ**

**по дисциплине «Детали машин и основы конструирования»**

#### **1. Цель написания курсового проекта**

Для изготовления любой машины необходимо иметь рабочий проект, содержащий чертежи деталей, сборочные, монтажные, спецификации, ведомости покупных изделий, пояснительную записку с расчетами и обоснованиями.

Чтобы разработать рабочий проект, проектирование согласно ГОСТ 2.103–68 выполняют по стадиям, начиная с разработки всесторонне обоснованного технического предложения (задания).

Техническое задание, содержащее основные исходные параметры и показатели проектируемого объекта, является основанием для разработки эскизного проекта, в свою очередь необходимого для разработки технического проекта. Технический проект, предшествующий рабочему проекту, желательно выполнять в 2–3 вариантах с целью выбора оптимального. Это достигается с помощью ЭВМ и системы автоматизированного проектирования (САПР).

Следовательно, проект – это совокупность различных конструкторских документов, расчетов, обоснований и пояснений, необходимых в целом для изготовления, монтажа, наладки и эксплуатации данной машины, привода механизма.

#### **2. Общие методические указания по подготовке курсового проекта.**

Проектирование является сложным творческим процессом, успешное осуществление которого предполагает у конструктора наличие глубоких инженерных знаний, знакомство с конструкциями и умение творчески решать конкретные инженерно-технические задачи.

В процессе проектирования конструктору приходится выполнять кинематические, энергетические, силовые, прочностные и другие расчеты; учитывать требования экономики, технологии изготовления и монтажа деталей, промышленной эстетики и дизайна, эффективности и безопасности эксплуатации, надежности и др. Иными словами, изготовленная машина должна иметь современный товарный вид и обеспечивать высокую надежность, экономичность и производительность.

При выполнении курсового проекта по деталям машин студенты впервые самостоятельно решают в сокращенном объеме эти задачи. В процессе проектирования они должны творчески использовать разнообразную учебную и справочную литературу, атласы конструкций и готовых изделий, стандарты на параметры, материалы и др. При выполнении курсового проекта студенты не только закрепляют теоретические знания и учатся самостоятельно творчески работать, но и одновременно приобретают новые знания и навыки конструирования. Без преувеличения можно сказать, что при выполнении курсового проекта по деталям машин студенты познают общие методологические основы проектирования машин и механизмов, которые в дальнейшем служат базой для выполнения курсовых и дипломных проектов по специальным дисциплинам.

### 3. Тематика курсовых проектов

Технические задания на курсовой проект по деталям машин для студентов очного и заочного обучения, представленные в данной работе (см. варианты), разработаны с учетом современной техники водного транспорта и специальности, по которой готовятся инженеры. С учетом этих факторов технические задания предусматривают проектирование приводов ленточных, цепных и винтовых конвейеров, элеваторов, судовых лебедок, рулевых устройств.

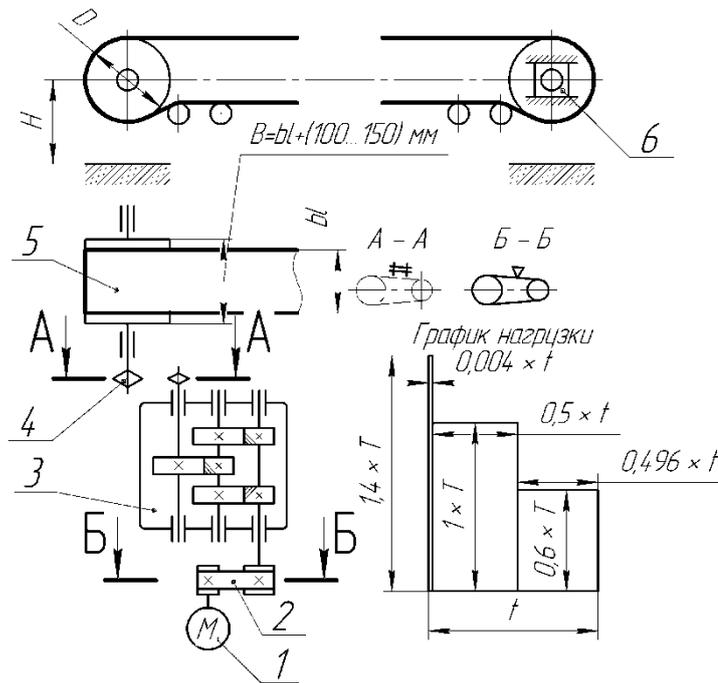
В качестве механических передач заданиями предусмотрены зубчатые цилиндрические и конические редукторные передачи, червячные, цепные и ременные передачи.

Каждое из 23 заданий содержит кинематическую схему привода, обозначения его элементов и 10 вариантов значений исходных параметров. Кроме того, в 18 заданиях (с № 1 по № 18 включительно) предусмотрены графики нагрузки привода и срок его службы. Они необходимы для определения расчетной нагрузки, методика которой изложена в данных методических указаниях, а также в литературе и др.

*Таблица 1. Выбор задания на курсовой проект*

Специальность	Начальная буква фамилии студента и номер задания						
	Эксплуатация судовых энергетических установок (26.05.06)	А-1	Б-2	В-3	Г-2	Д-19	Е-20
З-22		И-23	К-24	Л-5	М-1	Н-3	О-5
П-7		Р-9	С-11	Т-12	У-13	Ф-14	Х-15
Ц-16		Ч-17	Ш-18	Щ-2	Э-4	Ю-6	Я-8
Ц-9		Ч-5	Ш-23	Щ-1	Э-2	Ю-3	Я-4

Техническое задание № 1  
 Спроектировать привод ленточного конвейера

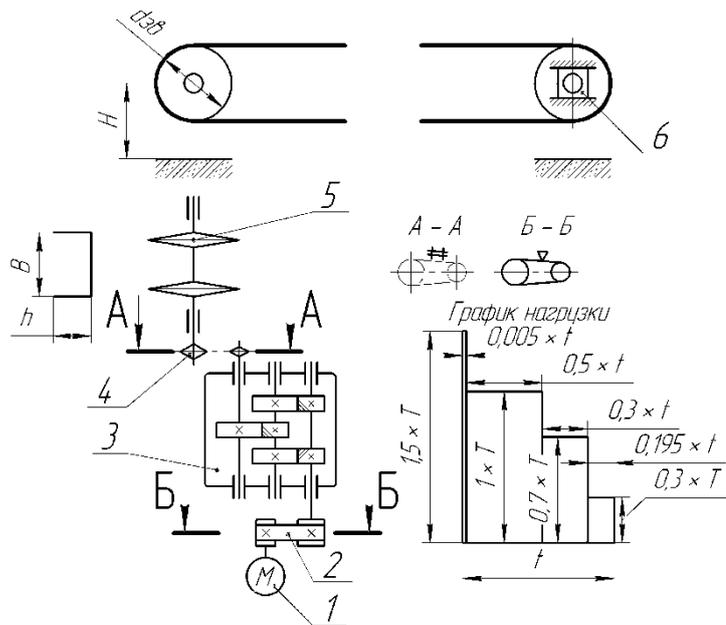


- 1 – электродвигатель; 4 – открытая цепная передача;  
 2 – открытая передача клиноременная; 5 – барабан тяговый:  $D, B$ ;  
 3 – редуктор двухступенчатый цилиндрический; 6 – натяжное устройство.  
 Скорость вращения барабана: Срок службы:  $L = 5$  лет;  $k_T = 0,6$ ;  $k_C = 0,5$ .

$$n_6 = \frac{60 \cdot 10^3 \cdot v}{\pi D}, \text{ об/мин.}$$

Параметры	Варианты и значения параметров									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$F_t$ , кН	24,5	3,6	4,5	5,1	6,6	8,4	11,6	15,0	17,5	20,0
$v$ , м/с	1,10	0,55	0,60	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00
$D$ , мм	630	250	250	400	400	400	500	500	630	630
$b_{л}$ , мм	800	400	400	500	500	500	650	650	650	800
$H$ , мм	900	700	700	700	750	750	750	800	800	900

Техническое задание № 2  
 Спроектировать привод цепного конвейера



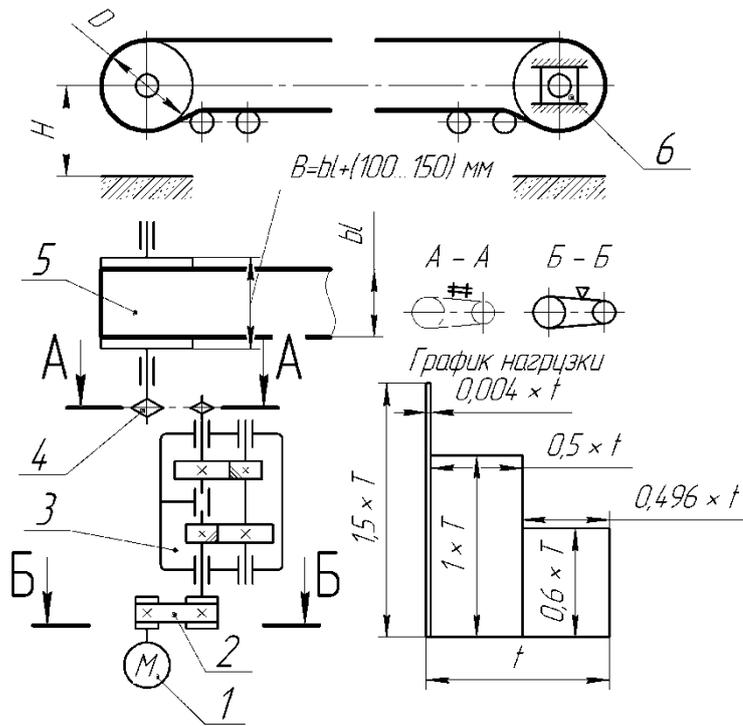
- 1 – электродвигатель; 2 – открытая передача клиноременная; 3 – редуктор двухступенчатый цилиндрический; 4 – открытая цепная передача; 5 – звездочка тяговая:  $d_{зв}$ ; 6 – натяжное устройство.

Скорость вращения звездочки: Срок службы:  $L = 5$  лет;  $k_f = 0,65$ ;  $k_c = 0,5$ .

$$n_{зв} = \frac{60 \cdot 10^3 \cdot v_{ц}}{t z_{зв}}, \text{ об/мин.}$$

Параметры	Варианты и значения параметров									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$F_t$ , кН	49,0	6,40	7,30	9,10	10,5	14,0	17,6	22,5	30,0	31,7
$v_{ц}$ , м/с	0,55	0,31	0,37	0,39	0,47	0,48	0,56	0,60	0,55	0,63
$t$ , мм	250	100	100	125	125	160	160	200	200	250
$z_{зв}$	7	5	6	5	6	6	7	6	7	8
$B$ , мм	800	300	300	400	400	500	570	600	600	800
$H$ , мм	900	700	700	700	750	750	750	800	800	900
$h$ , мм	250	100	100	125	125	160	160	200	200	250

Техническое задание № 3  
 Спроектировать привод ленточного конвейера



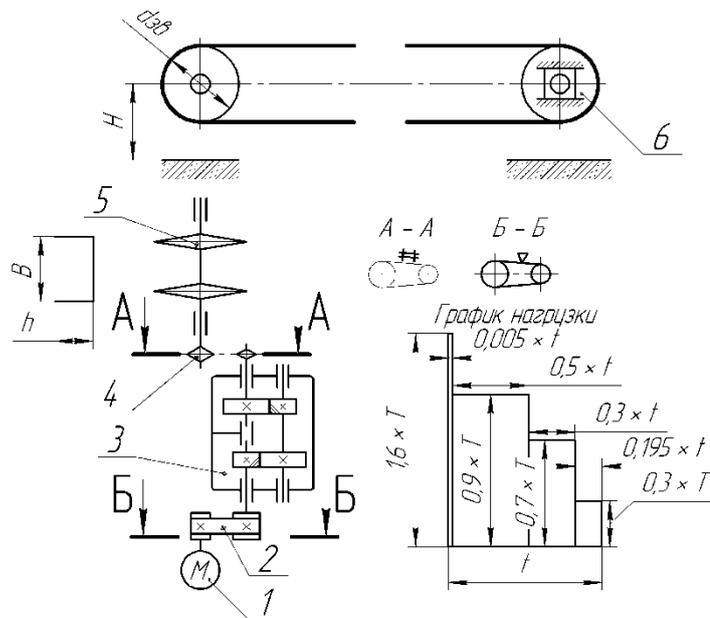
- 1 – электродвигатель; 4 – открытая цепная передача;  
 2 – открытая передача клиноременная; 5 – барабан тяговый:  $D, B$ ;  
 3 – редуктор двухступенчатый цилиндрический соосный; 6 – натяжное устройство.

Скорость вращения барабана: Срок службы:  $L = 5$  лет;  $k_T = 0,6$ ;  $k_c = 0,5$ .

$$n_6 = \frac{60 \cdot 10^3 \cdot v}{\pi D}, \text{ об/мин.}$$

Параметры	Варианты и значения параметров									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$F_T$ , кН	24,5	3,6	4,5	5,1	6,6	8,4	11,6	15,0	17,5	20,0
$v$ , м/с	1,10	0,55	0,60	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00
$D$ , мм	630	250	250	400	400	400	500	500	630	630
$b_d$ , мм	800	400	400	500	500	500	650	650	650	800
$H$ , мм	900	700	700	700	750	750	750	800	800	900

Техническое задание № 4  
 Спроектировать привод цепного конвейера



- 1 – электродвигатель;  
 2 – открытая передача клиноременная;  
 3 – редуктор двухступенчатый цилиндрический соосный;  
 Скорость вращения звездочки

- 4 – открытая цепная передача;  
 5 – звездочка тяговая:  $d_{зв}$ ;  
 6 – натяжное устройство.

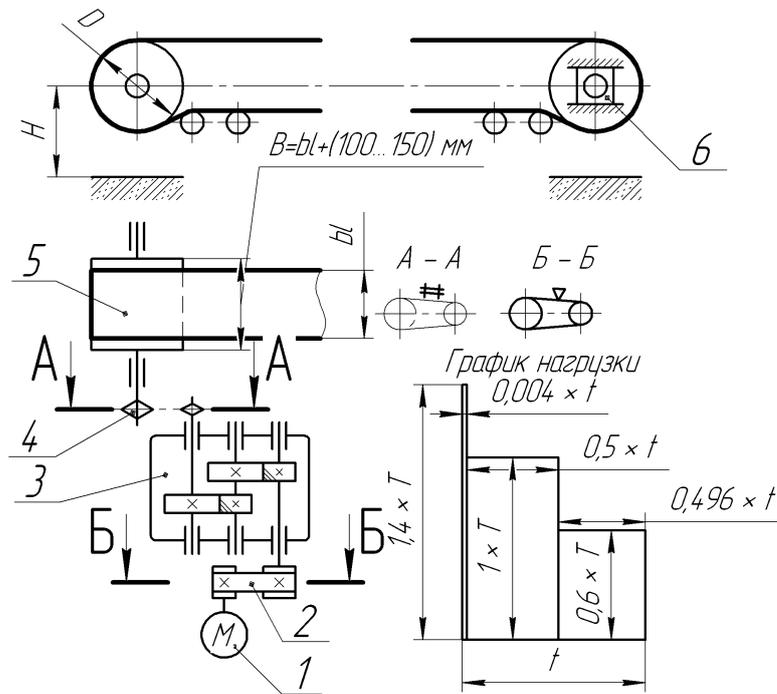
Срок службы:  $L = 5$  лет;  $k_T = 0,7$ ;  $k_c = 0,6$ .

$$n_{зв} = \frac{60 \cdot 10^3 \cdot v_{ц}}{t z_{зв}}, \text{ об/мин.}$$

Параметры	Варианты и значения параметров										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
$F_t$ , кН	49,0	6,40	7,30	9,10	10,5	14,0	17,6	22,5	30,0	31,7	
$v_{ц}$ , м/с	0,55	0,31	0,37	0,39	0,47	0,48	0,56	0,60	0,55	0,63	
$t$ , мм	250	100	100	125	125	160	160	200	200	250	
$z_{зв}$	7	5	6	5	6	6	7	6	7	8	
$B$ , мм	800	300	300	400	400	500	570	600	600	800	
$H$ , мм	900	700	700	700	750	750	750	800	800	900	
$h$ , мм	250	100	100	125	125	160	160	200	200	250	

Техническое задание № 5

Спроектировать привод ленточного конвейера



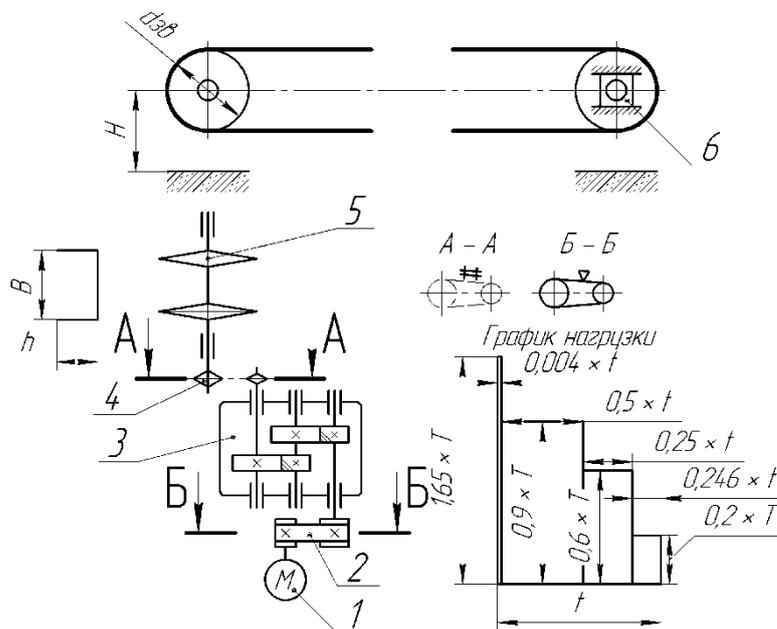
- 1 – электродвигатель; 2 – открытая передача клиноременная; 3 – редуктор двухступенчатый цилиндрический; 4 – открытая цепная передача; 5 – барабан тяговый:  $D, B$ ; 6 – натяжное устройство.

Скорость вращения барабана      Срок службы:  $L = 5$  лет;  $k_T = 0,6$ ;  $k_C = 0,5$ .

$$n_6 = \frac{60 \cdot 10^3 \cdot v}{\pi D}, \text{ об/мин.}$$

Параметры	Варианты и значения параметров									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$F_T$ , кН	24,5	3,6	4,5	5,1	6,6	8,4	11,6	15,0	17,5	20,0
$v$ , м/с	1,10	0,55	0,60	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00
$D$ , мм	630	250	250	400	400	400	500	500	630	630
$b_{л}$ , мм	800	400	400	500	500	500	650	650	650	800
$H$ , мм	900	700	700	700	750	750	750	800	800	900

### Техническое задание № 6 Спроектировать привод цепного конвейера



- 1 – электродвигатель;  
 2 – открытая передача клиноременная;  
 3 – редуктор двухступенчатый цилиндрический;

- 4 – открытая цепная передача;  
 5 – звездочка тяговая:  $d_{зв}$ ;  
 6 – натяжное устройство.

Скорость вращения звездочки:

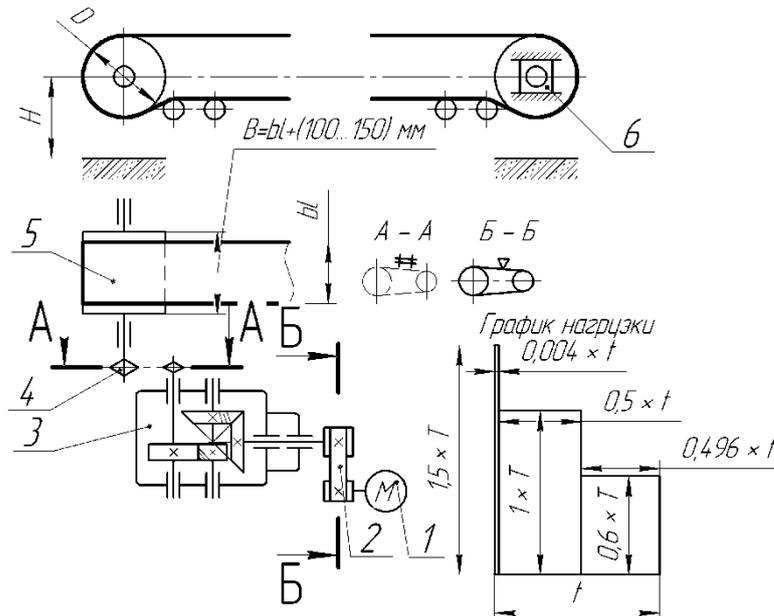
Срок службы:  $L = 5$  лет;  $k_T = 0,7$ ;  
 $k_c = 0,6$ .

$$n_{зв} = \frac{60 \cdot 10^3 \cdot v_{ц}}{t_{зв}}, \text{ об/мин.}$$

Параметры	Варианты и значения параметров									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$F_T$ , кН	49,0	6,40	7,30	9,10	10,5	14,0	17,6	22,5	30,0	31,7
$v_{ц}$ , м/с	0,55	0,31	0,37	0,39	0,47	0,48	0,56	0,60	0,55	0,63
$t$ , мм	250	100	100	125	125	160	160	200	200	250
$z_{зв}$	7	5	6	5	6	6	7	6	7	8
$B$ , мм	800	300	300	400	400	500	570	600	600	800
$H$ , мм	900	700	700	700	750	750	750	800	800	900
$h$ , мм	250	100	100	125	125	160	160	200	200	250

Техническое задание № 7

Спроектировать привод ленточного конвейера



- 1 – электродвигатель;  
 2 – открытая передача клиноременная;  
 3 – редуктор двухступенчатый коническо-цилиндрический;

- 4 – открытая цепная передача;  
 5 – барабан тяговый:  $D$ ,  $B$ ;  
 6 – натяжное устройство.

Скорость вращения барабана:

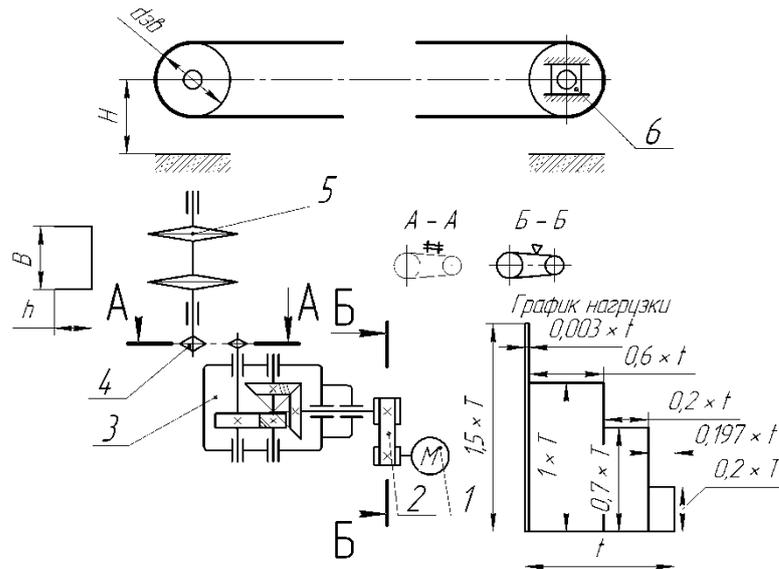
Срок службы:  $L = 5$  лет;  $k_T = 0,6$ ;  $k_c = 0,5$ .

$$n_б = \frac{60 \cdot 10^3 \cdot v}{\pi D}, \text{ об/мин.}$$

Параметры	Варианты и значения параметров									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$F_T$ , кН	24,5	3,6	4,5	5,1	6,6	8,4	11,6	15,0	17,5	20,0
$v$ , м/с	1,10	0,55	0,60	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00
$D$ , мм	630	250	250	400	400	400	500	500	630	630
$b_{л}$ , мм	800	400	400	500	500	500	650	650	650	800
$H$ , мм	900	700	700	700	750	750	750	800	800	900

Техническое задание № 8

Спроектировать привод цепного конвейера

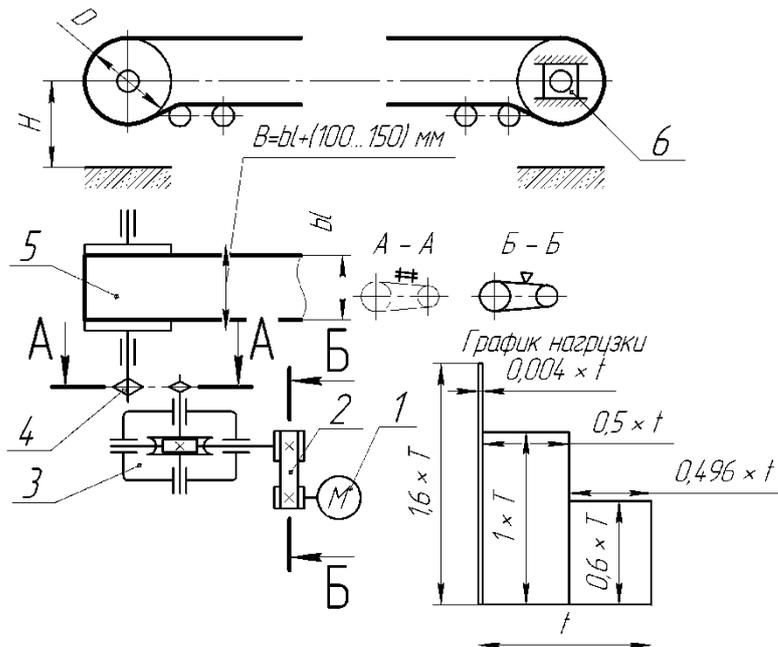


- 1 – электродвигатель; 2 – открытая передача клиноременная; 3 – редуктор двухступенчатый коническо-цилиндрический; 4 – открытая цепная передача; 5 – звездочка тяговая:  $d_{зв}$ ; 6 – натяжное устройство.
- Скорость вращения звездочки:  $k_c = 0,6$ . Срок службы:  $L = 5$  лет;  $k_f = 0,7$ ;

$$n_{зв} = \frac{60 \cdot 10^3 \cdot v_{ц}}{t_{зв}}, \text{ об/мин.}$$

Параметры	Варианты и значения параметров									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$F_t$ , кН	49,0	6,40	7,30	9,10	10,5	14,0	17,6	22,5	30,0	31,7
$v_{ц}$ , м/с	0,55	0,31	0,37	0,39	0,47	0,48	0,56	0,60	0,55	0,63
$t$ , мм	250	100	100	125	125	160	160	200	200	250
$z_{зв}$	7	5	6	5	6	6	7	6	7	8
$B$ , мм	800	300	300	400	400	500	570	600	600	800
$H$ , мм	900	700	700	700	750	750	750	800	800	900
$h$ , мм	250	100	100	125	125	160	160	200	200	250

Техническое задание № 9  
Спроектировать привод ленточного конвейера



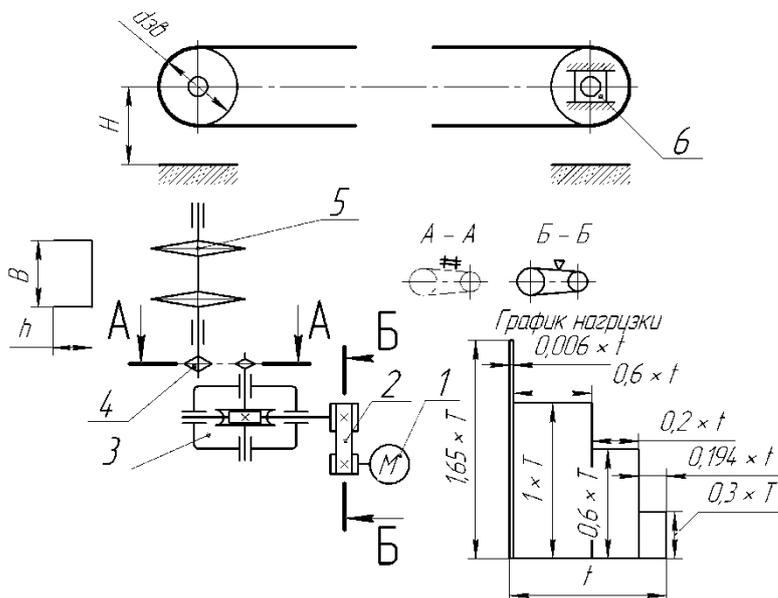
- 1 – электродвигатель; 4 – открытая цепная передача;  
 2 – открытая передача клиноременная; 5 – барабан тяговый:  $D, B$ ;  
 3 – редуктор червячный; 6 – натяжное устройство.

Скорость вращения барабана: Срок службы:  $L = 5$  лет;  $k_T = 0,6$ ;  $k_C = 0,5$ .

$$n_6 = \frac{60 \cdot 10^3 \cdot v}{\pi D}, \text{ об/мин.}$$

Параметры	Варианты и значения параметров									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$F_t, \text{ кН}$	24,5	3,6	4,5	5,1	6,6	8,4	11,6	15,0	17,5	20,0
$v, \text{ м/с}$	1,10	0,55	0,60	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00
$D, \text{ мм}$	630	250	250	400	400	400	500	500	630	630
$b_{дл}, \text{ мм}$	800	400	400	500	500	500	650	650	650	800
$H, \text{ мм}$	900	700	700	700	750	750	750	800	800	900

Техническое задание № 10  
 Спроектировать привод цепного конвейера



- 1 – электродвигатель; 4 – открытая цепная передача;  
 2 – открытая передача клиноременная; 5 – звездочка тяговая:  $d_{зв}$ ;  
 3 – редуктор червячный; 6 – натяжное устройство.  
 Скорость вращения звездочки: Срок службы:  $L = 5$  лет;  $k_f = 0,7$ ;  $k_c = 0,6$ .

$$n_{зв} = \frac{60 \cdot 10^3 \cdot v_{ц}}{t z_{зв}}, \text{ об/мин.}$$

Параметры	Варианты и значения параметров									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$F_t$ , кН	49,0	6,40	7,30	9,10	10,5	14,0	17,6	22,5	30,0	31,7
$v_{ц}$ , м/с	0,55	0,31	0,37	0,39	0,47	0,48	0,56	0,60	0,55	0,63
$t$ , мм	250	100	100	125	125	160	160	200	200	250
$z_{зв}$	7	5	6	5	6	6	7	6	7	8
$B$ , мм	800	300	300	400	400	500	570	600	600	800
$H$ , мм	900	700	700	700	750	750	750	800	800	900
$h$ , мм	250	100	100	125	125	160	160	200	200	250

Техническое задание № 11  
 Спроектировать привод винтового конвейера

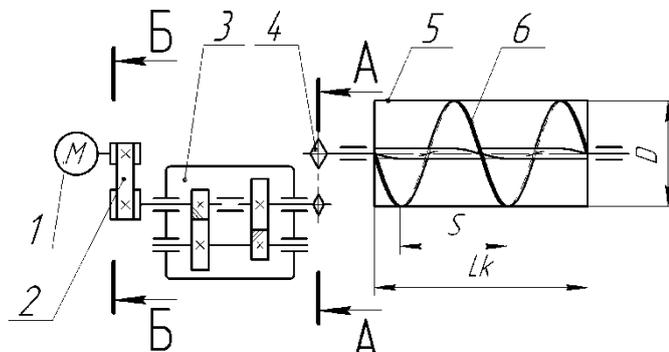
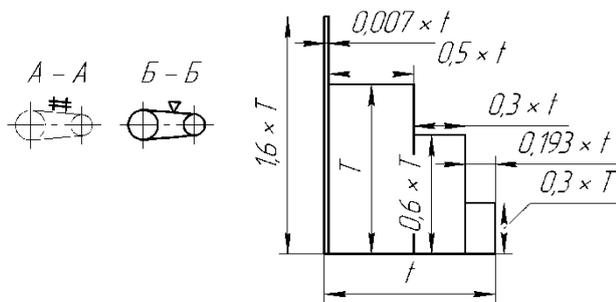


График нагрузки



- 1 – электродвигатель; 4 – открытая цепная передача;  
 2 – открытая передача клиноременная; 5 – корпус конвейера длиной  $L_k$ ;  
 3 – редуктор двухступенчатый цилиндрический соосный; 6 – винт:  $D$ ,  $S$ .  
 Скорость вращения винта: Срок службы:  $L = 5$  лет;  $k_f = 0,65$ ;  
 $n_v$ , об/мин.  $k_c = 0,65$ .

Параметры	Варианты и значения параметров									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$Q_{ц}$ , т/ч	100	12,5	16	25	32	40	50	50	65	80
$L_k$ , м	20	20	20	20	20	20	25	25	30	20
$D$ , мм	650	320	320	400	400	500	500	500	500	650
$S$ , мм	500	250	250	320	320	400	400	400	400	500
$n_v$ , об/мин	30,0	23,6	30,0	23,6	30,0	23,6	30,0	23,6	30,0	23,6
$\omega$	2,5	1,6	1,6	1,6	1,6	2,5	2,5	1,6	1,6	2,5

Техническое задание № 12

Спроектировать привод винтового конвейера

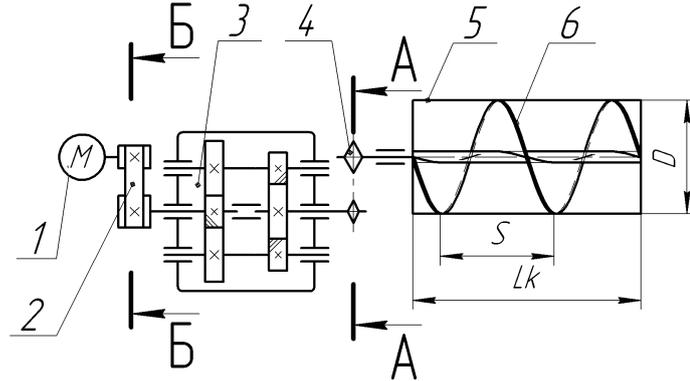
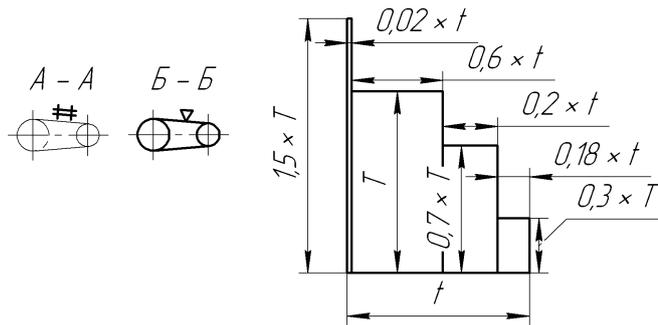


График нагрузки

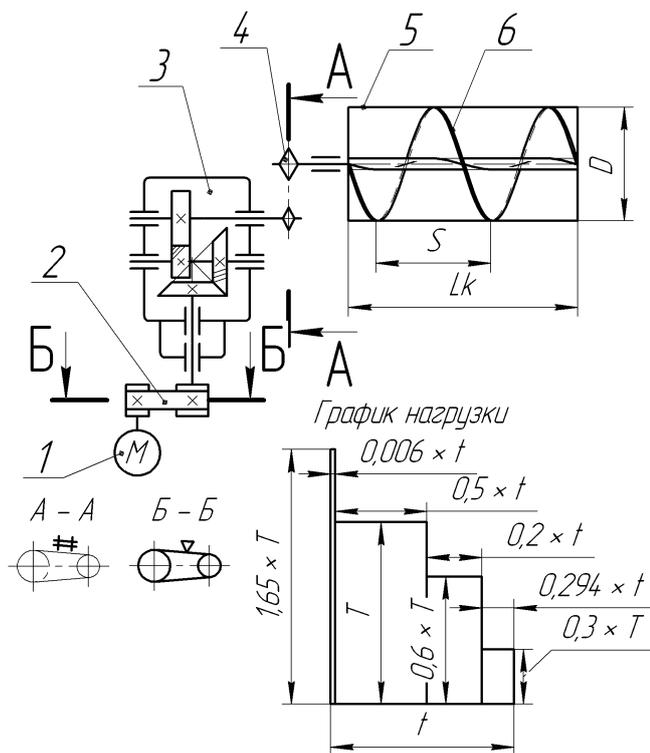


- 1 – электродвигатель;  
 2 – открытая передача клиноременная;  
 3 – редуктор двухступенчатый цилиндрический соосный с двумя промежуточными валами;  
 4 – открытая цепная передача;  
 5 – корпус конвейера длиной  $L_k$ ;  
 6 – винт:  $D, S$ .
- Скорость вращения винта:  $n_v$ , об/мин.  
 Срок службы:  $L = 5$  лет;  $k_T = 0,65$ ;  
 $k_c = 0,65$ .

Параметры	Варианты и значения параметров									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$Q_{\text{ч}}$ , т/ч	100	12,5	16	25	32	40	50	50	65	80
$L_k$ , м	20	20	20	20	20	20	25	25	30	20
$D$ , мм	650	320	320	400	400	500	500	500	500	650
$S$ , мм	500	250	250	320	320	400	400	400	400	500
$n_v$ , об/мин	30,0	23,6	30,0	23,6	30,0	23,6	30,0	23,6	30,0	23,6
$\omega$	2,5	1,6	1,6	1,6	1,6	2,5	2,5	1,6	1,6	2,5

Техническое задание № 13

Спроектировать привод винтового конвейера



1 – электродвигатель;

2 – открытая передача клиноременная;

3 – редуктор двухступенчатый коническо-цилиндрический;

Скорость вращения винта:  
 $n_v$ , об/мин.

4 – открытая цепная передача;

5 – корпус конвейера длиной  $L_k$ ;

6 – винт:  $D$ ,  $S$ .

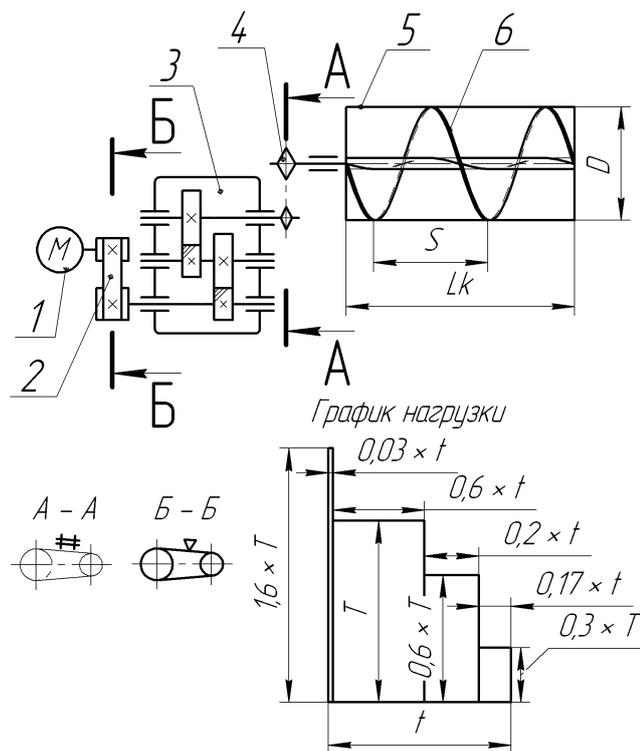
Срок службы:  $L = 5$  лет;

$k_T = 0,65$ ;  $k_c = 0,65$ .

Параметры	Варианты и значения параметров									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$Q_{ч}$ , т/ч	100	12,5	16	25	32	40	50	50	65	80
$L_k$ , м	20	20	20	20	20	20	25	25	30	20
$D$ , мм	650	320	320	400	400	500	500	500	500	650
$S$ , мм	500	250	250	320	320	400	400	400	400	500
$n_v$ , об/мин	30,0	23,6	30,0	23,6	30,0	23,6	30,0	23,6	30,0	23,6
$\omega$	2,5	1,6	1,6	1,6	1,6	2,5	2,5	1,6	1,6	2,5

Техническое задание № 14

Спроектировать привод винтового конвейера



- 1 – электродвигатель; 4 – открытая цепная передача;  
 2 – открытая передача клиноременная; 5 – корпус конвейера длиной  $L_k$ ;  
 3 – редуктор двухступенчатый цилиндрический; 6 – винт:  $D, S$ .  
 Скорость вращения винта:  
 $n_v$ , об/мин. Срок службы:  $L = 5$  лет;  
 $k_T = 0,65; k_c = 0,65$ .

Параметры	Варианты и значения параметров									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$Q_{\text{ч}}$ , Т/ч	100	12,5	16	25	32	40	50	50	65	80
$L_k$ , м	20	20	20	20	20	20	25	25	30	20
$D$ , мм	650	320	320	400	400	500	500	500	500	650
$S$ , мм	500	250	250	320	320	400	400	400	400	500
$n_v$ , об/мин	30,0	23,6	30,0	23,6	30,0	23,6	30,0	23,6	30,0	23,6
$\omega$	2,5	1,6	1,6	1,6	1,6	2,5	2,5	1,6	1,6	2,5

Техническое задание № 15  
 Спроектировать привод винтового конвейера

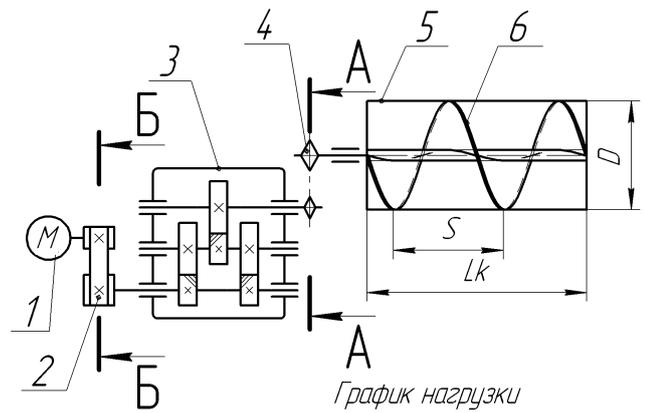
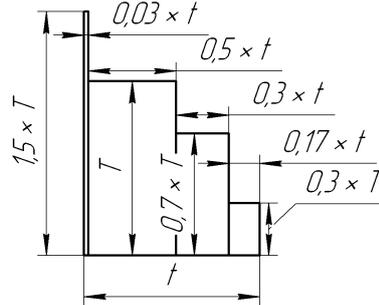
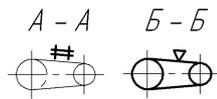


График нагрузки



- 1 – электродвигатель;
  - 2 – открытая передача клиноременная;
  - 3 – редуктор двухступенчатый цилиндрический;
- Скорость вращения винта:  
 $n_v$ , об/мин.

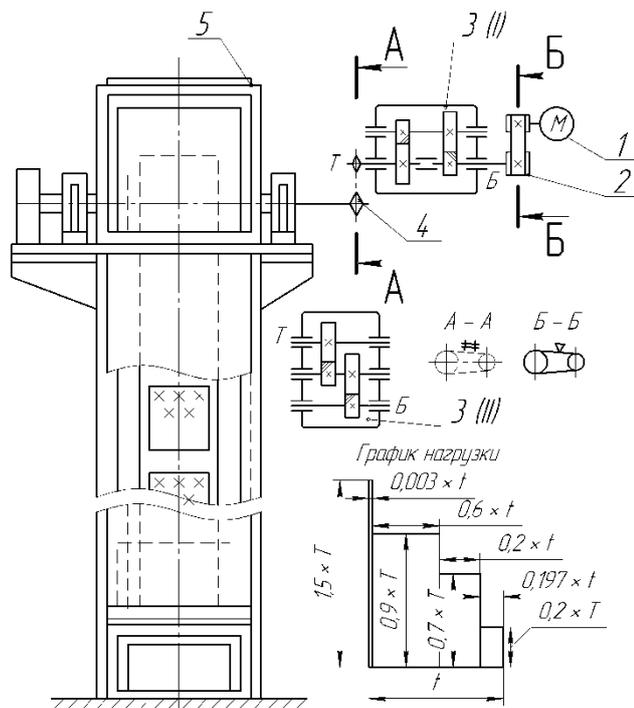
- 4 – открытая цепная передача;
- 5 – корпус конвейера длиной  $L_k$ ;
- 6 – винт:  $D, S$ .

Срок службы:  $L = 5$  лет;  $k_r = 0,65$ ;  
 $k_c = 0,65$ .

Параметры	Варианты и значения параметров									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$Q_{\text{ч}}$ , Т/ч	100	12,5	16	25	32	40	50	50	65	80
$L_k$ , м	20	20	20	20	20	20	25	25	30	20
$D$ , мм	650	320	320	400	400	500	500	500	500	650
$S$ , мм	500	250	250	320	320	400	400	400	400	500
$n_v$ , об/мин	30,0	23,6	30,0	23,6	30,0	23,6	30,0	23,6	30,0	23,6
$\omega$	2,5	1,6	1,6	1,6	1,6	2,5	2,5	1,6	1,6	2,5

Техническое задание № 16

Спроектировать привод ленточного элеватора



- 1 – электродвигатель; 4 – открытая цепная передача;  
 2 – открытая передача клиноременная; 5 – элеватор.  
 3 – редуктор двухступенчатый цилиндрический;

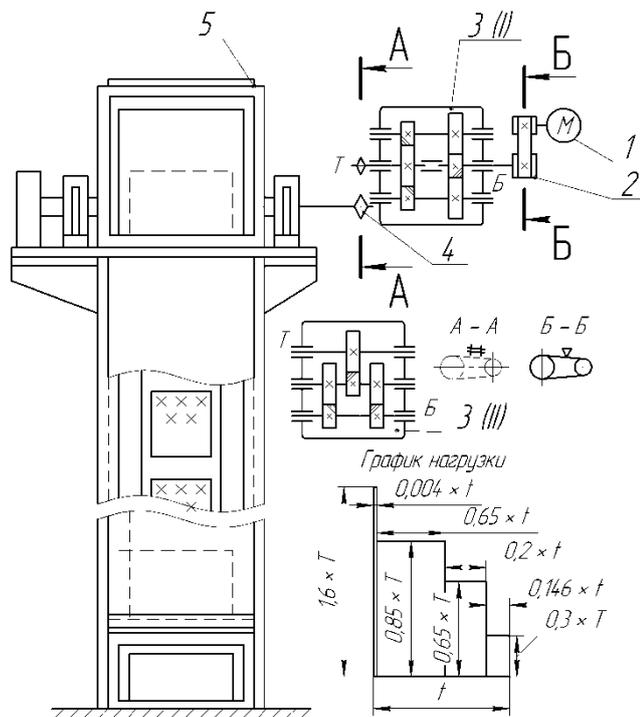
Скорость вращения барабана: Срок службы:  $L = 5$  лет;  $k_T = 0,6$ ;  $k_c = 0,4$ .

$$n_6 = \frac{60 \cdot 10^3 \cdot v}{\pi D}, \text{ об/мин.}$$

Параметры	Варианты и значения параметров										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
$F_t$ , кН	4,15	3,30	4,15	5,00	6,20	7,90	11,0	14,2	10,0	6,10	
$v$ , м/с	1,20	0,60	0,65	0,71	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00	1,10	
$D$ , мм	500	250	320	320	400	400	630	630	500	500	
$b_{л}$ , мм	400	150	200	200	250	250	300	300	400	400	
$t_{ч}$ , мм	400	200	200	250	250	250	320	320	400	400	
Схема редуктора	II	II	II	I	I	II	II	I	I	II	

Техническое задание № 17

Спроектировать привод ленточного элеватора



1 – электродвигатель; 4 – открытая цепная передача;  
 2 – открытая передача клиноременная; 5 – элеватор.

3 – редуктор двухступенчатый  
 цилиндрический;

Скорость вращения  
 барабана:

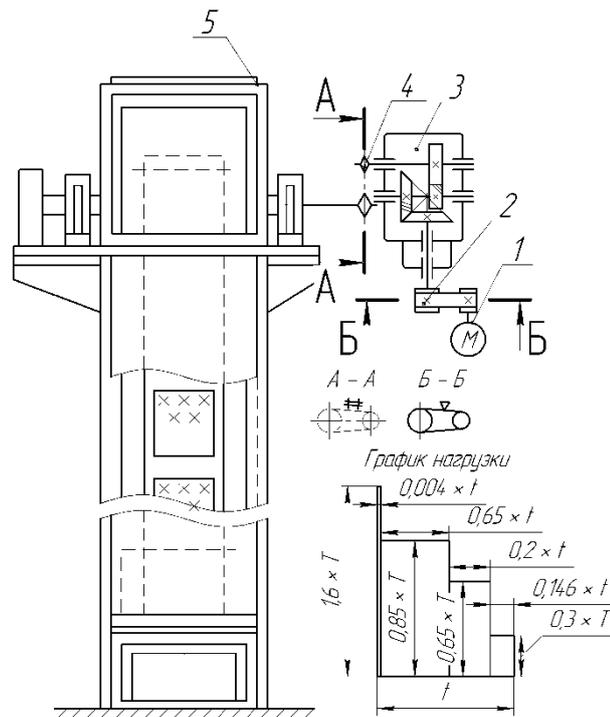
Срок службы:  $L = 5$  лет;  
 $k_r = 0,65; k_c = 0,35.$

$$n_6 = \frac{60 \cdot 10^3 \cdot v}{\pi D}, \text{ об/мин.}$$

Параметры	Варианты и значения параметров										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
$F_t$ , кН	4,15	3,30	4,15	5,00	6,20	7,90	11,0	14,2	10,0	6,10	
$v$ , м/с	1,20	0,60	0,65	0,71	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00	1,10	
$D$ , мм	500	250	320	320	400	400	630	630	500	500	
$b_{л}$ , мм	400	150	200	200	250	250	300	300	400	400	
$t_ч$ , мм	400	200	200	250	250	250	320	320	400	400	
Схема редуктора	II	II	I	I	II	I	II	I	II	I	

Техническое задание № 18

Спроектировать привод ленточного элеватора



- 1 – электродвигатель; 4 – открытая цепная передача;  
 2 – открытая передача клиноременная; 5 – элеватор.  
 3 – редуктор двухступенчатый коническо-цилиндрический;

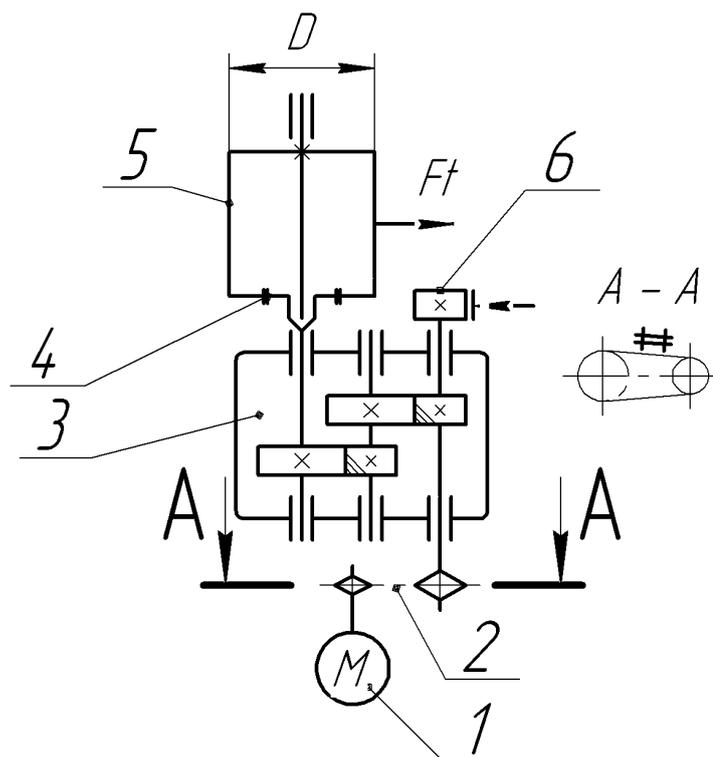
Скорость вращения барабана: Срок службы:  $L = 5$  лет;

$k_f = 0,7; k_c = 0,3.$

$$n_6 = \frac{60 \cdot 10^3 \cdot v}{\pi D}, \text{ об/мин.}$$

Параметры	Варианты и значения параметров										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
$F_t$ , кН	4,15	3,30	4,15	5,00	6,20	7,90	11,0	14,2	10,0	6,10	
$v$ , м/с	1,20	0,60	0,65	0,71	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00	1,10	
$D$ , мм	500	250	320	320	400	400	630	630	500	500	
$b_{дл}$ , мм	400	150	200	200	250	250	300	300	400	400	
$t_ч$ , мм	400	200	200	250	250	250	320	320	400	400	

Техническое задание № 19  
 Спроектировать привод электролебедки



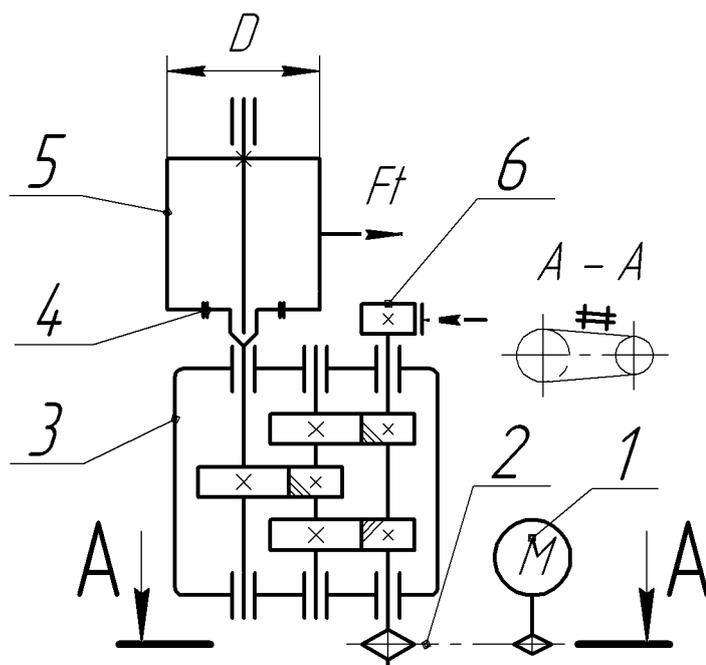
- 1 – электродвигатель; 4 – тихоходный вал в виде части зубчатой муфты;  
 2 – открытая передача цепная; 5 – барабан тяговый диаметром  $D$ ;  
 3 – редуктор двухступенчатый цилиндрический; 6 – тормоз колодочный.

Срок службы:  $L = 25$  лет;  $k_T = 0,65$ ;  $k_c = 0,02$ .

Параметры	Варианты и значения параметров									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$F_T$ , кН	32,0	3,20	5,00	6,30	8,00	10,0	12,5	15,0	20,0	25,0
$v$ , м/с	0,50	0,42	0,35	0,35	0,30	0,35	0,40	0,45	0,45	0,56
$D$ , мм	360	165	165	180	200	220	240	260	300	330
$d_k$ , мм	18	8,3	8,3	9,1	9,9	11	12	12	15	16,5
$L$ , м	60	45	45	55	55	60	60	65	65	60
ПВ, %	40	25	25	25	30	30	30	35	35	40

Техническое задание № 20  
 Спроектировать привод электролебедки



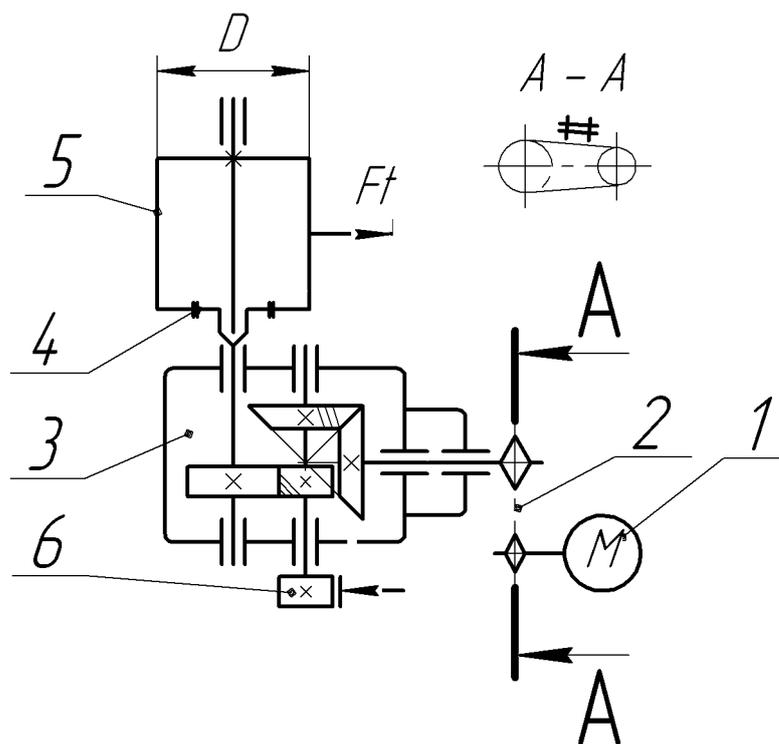


- 1 – электродвигатель; 2 – открытая передача цепная; 3 – редуктор двухступенчатый цилиндрический; 4 – тихоходный вал в виде части зубчатой муфты; 5 – барабан тяговый диаметром  $D$ ; 6 – тормоз колодочный.

Срок службы:  $L = 25$  лет;  $k_f = 0,6$ ;  $k_c = 0,03$ .

Параметры	Варианты и значения параметров									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$F_t$ , кН	32,0	3,20	5,00	6,30	8,00	10,0	12,5	15,0	20,0	25,0
$v$ , м/с	0,50	0,42	0,35	0,35	0,30	0,35	0,40	0,45	0,45	0,56
$D$ , мм	360	165	165	180	200	220	240	260	300	330
$d_k$ , мм	18	8,3	8,3	9,1	9,9	11	12	12	15	16,5
$L$ , м	60	45	45	55	55	60	60	65	65	60
ПВ, %	40	25	25	25	30	30	30	35	35	40

Техническое задание № 22  
 Спроектировать привод электролебедки



- 1 – электродвигатель; 4 – тихоходный вал в виде части зубчатой муфты;  
 2 – открытая передача цепная; 5 – барабан тяговый диаметром  $D$ ;  
 3 – редуктор коническо-цилиндрический 6 – тормоз колодочный.

Срок службы:  $L = 20$  лет;  $k_r = 0,6$ ;  $k_c = 0,03$ .

Параметры	Варианты и значения параметров									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$F_t$ , кН	32,0	3,20	5,00	6,30	8,00	10,0	12,5	15,0	20,0	25,0
$v$ , м/с	0,50	0,42	0,35	0,35	0,30	0,35	0,40	0,45	0,45	0,56
$D$ , мм	360	165	165	180	200	220	240	260	300	330
$d_k$ , мм	18	8,3	8,3	9,1	9,9	11	12	12	15	16,5
$L$ , м	60	45	45	55	55	60	60	65	65	60
ПВ, %	40	25	25	25	30	30	30	35	35	40

Техническое задание № 23  
 Спроектировать привод электролебедки



- рабочие чертежи деталей (зубчатое колесо, корпус или крышка редуктора) на 1,0–1,5 листах формата А1.

Таблица 2.. Выбор задания на курсовой проект

Чертежи	Номера заданий
1. Общий вид привода	С 1 по 23
2. Редуктор в сборе	С 1 по 23
3. Вал промежуточный	С 3 по 8, с 11 по 18, с 21 по 22

Чертежи и пояснительная записка оформляются согласно стандартам ЕСКД и СТ СЭВ, которые приводятся в литературе.

Выбрать научные и нормативные источники, необходимые для написания курсовой работы по конкретной теме, можно используя методические указания и пособия по дисциплине. Для решения этой задачи можно также использовать следующие издания:

1. Детали машин: задания на курсовой проект и метод. указания по его выполн. для студ.-механиков / сост. А.С. Рукодельцев, О.В. Сидорова. – Н. Новгород: Изд-во ФГОУ ВПО «ВГАВТ», 2010. – 64 с.

2. Детали машин. Расчёты валов зубчатых передач: метод. указания по выполн. курс. проекта для студ. оч. и заоч. обуч. технич. специальностей / сост. – А.С. Рукодельцев, О.В. Сидорова. – Н. Новгород: Изд-во ФГБОУ ВО ВГАВТ, 2014. – 40 с.

3. Механика. Расчёты зубчатых передач: метод. пособие по выполнению курсового проекта для студентов-механиков / Н.С. Отделкин [и др.]. – Н. Новгород: Изд-во ФГОУ ВПО «ВГАВТ», 2010. – 60 с.

4. **Анурьев, В.И.** Справочник конструктора машиностроителя. В 3 т. Т. 1 / В.И. Анурьев; под общ. ред. И.Н. Жестковой. – 8-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 2001. – 920 с.

5. **Анурьев, В.И.** Справочник конструктора машиностроителя. В 3 т. Т. 2 / В.И. Анурьев; под общ. ред. И.Н. Жестковой. – 8-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 2001. – 912 с.

6. **Анурьев, В.И.** Справочник конструктора машиностроителя. В 3 т. Т. 3 / В.И. Анурьев; под общ. ред. И.Н. Жестковой. – 8-е изд., перераб. и доп. – Минск: Машиностроение, 2001. – 864 с.

## 5. Требования к оформлению курсовой работы

Оформление курсовой работы должно отвечать следующим требованиям:

1. На титульном листе указывается полное наименование учебного заведения, фамилия и инициалы автора, курс, группа, название дисциплины и темы, по которой выполняется работа, научный руководитель (ученая степень, ученое звание либо должность, фамилия и инициалы), место и год написания работы.

2. Курсовая работа должна иметь план (оглавление). Он оформляется на отдельной странице и располагается вслед за титульным листом. Введение и заключение в плане не нумеруются. Основные вопросы в плане обозначаются цифрами и наименованием вопроса. Следует обратить внимание на то, что в тексте курсовой работы каждый ее раздел излагается с новой страницы и выделяется заголовком, который должен точно соответствовать разделам (введению, всем основным вопросам, заключению, списку используемой литературы) плана.

3. Страницы текста должны быть пронумерованы. Нумерация начинается с титульного листа, но номер страницы на нем не ставится. На странице должны быть оставлены поля (сверху не менее 20 мм, снизу – 25 мм, слева – 30 мм, справа – 10 мм). Текст работы должен

быть исполнен аккуратно и тщательно выверен (отредактирован). Сокращения слов, кроме общепринятых, не допускаются.

4. Во всех случаях использования учебной, монографической или иной специальной литературы, нормативных материалов, актов официального толкования необходимо делать ссылки (сноски) на источники информации. Дословное или близкое к тексту воспроизведение источника без соответствующей ссылки на него оценивается научным руководителем как плагиат.

Структурно работа должна состоять из:

- плана;
- введения;
- содержательной части, в точном соответствии с разделами (пунктами) плана;
- заключения;
- списка использованной литературы.

Курсовой проект, в соответствии с планом, начинается с введения, в котором обосновывается выбор темы, ее актуальность (практическая значимость), дается общая оценка источникам исследования, обосновываются цель, задачи и методика исследования.

## **6. Порядок защиты курсовой работы**

При наличии в рецензии, подготовленной научным руководителем, положительной оценки (на титульном листе курсового проекта должна иметь место резолюция рецензента – «допускается к защите») на выполненный курсовой проект она подлежит защите. Если содержание проекта не соответствует предъявляемым требованиям (не раскрыты вопросы, все переписано из одного источника и т. д.), то курсовой проект направляется на доработку. Только после устранения указанных в рецензии замечаний студент допускается к защите.

Оценка выставляется с учетом качества выполненной работы и результатов ее защиты. В случае получения неудовлетворительной оценки за защиту курсового проекта, студент должен подготовить работу заново по той же самой теме или другой, по согласованию с научным руководителем и заведующим кафедрой и пройти ту же самую процедуру защиты. Оценка за курсовой проект выставляется в зачетную книжку и ведомость. Студент, не написавший курсовой проект в срок, указанный в учебном плане, считаются имеющими академическую задолженность.

## **7. Примерная тематика и планы курсовых работ:**

*дисциплина “Детали машин и основы конструирования”*

### **КУРСОВОЙ ПРОЕКТ**

*«Привод ленточного конвейера»*

#### **Содержание**

Введение

1 Исходные данные

2 Кинематическая схема привода

3 Определение мощности

4 Определение общего передаточного числа

- 5 Основные параметры передачи
- 6 Выбор материалов и расчёт допускаемых напряжений шестерня и колеса
- 7 Расчёт быстроходной ступени
  - 7.1 Геометрические параметры передачи
- 8 Расчёт тихоходной ступени
- 9 Расчёт валов
  - 9.1 Расчёт ведущего вала
  - 9.2 Расчёт промежуточного вала
  - 9.3 Расчёт ведомого вала
- 10 Выбор и проверка подшипников качения
  - 10.1 Подшипники ведущего вала
  - 10.2 Подшипники промежуточного вала
  - 10.3 Подшипники тихоходного вала
- 11. Выбор шпонок и элементов корпуса
  - 11.1 Промежуточный вал
  - 11.2 Ведомый вал
- Заключение (выводы)
- Список используемой литературы

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ  
АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО  
ТРАНСПОРТА  
ФГБОУ ВО**

**ВОЛЖСКИЙ  
государственный университет  
водного транспорта**

Адрес: Н. Новгород, 603600, Н-5,  
ул. Нестерова, 5  
тел. 419-62-56

Кафедра Подъемно-транспортных машин и машиноремонта

202\_-202\_ учебный год

**Экзамен по дисциплине «Детали машин и основы конструирования»**  
Специальность 26.05.06 Эксплуатация судовых энергетических установок

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1**

1. Классификация механизмов, узлов и деталей.
2. Механические передачи. Общие сведения, назначения, классификация и их основные параметры.

Зав. кафедрой ПТМ и МР



Никитаев И.В.

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ  
АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО  
ТРАНСПОРТА  
ФГБОУ ВО**

**ВОЛЖСКИЙ  
государственный университет  
водного транспорта**

Адрес: Н. Новгород, 603600, Н-5,  
ул. Нестерова, 5  
тел. 419-62-56

Кафедра Подъемно-транспортных машин и машиноремонта

202\_-202\_ учебный год

**Экзамен по дисциплине «Детали машин и основы конструирования»**  
Специальность 26.05.06 Эксплуатация судовых энергетических установок

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 2**

1. Требования к деталям, критерии работоспособности и влияющие на них факторы.
2. Зубчатые передачи. Критерии работоспособности. Материалы цилиндрических и конических передач

Зав. кафедрой ПТМ и МР



Никитаев И.В.

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ  
АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО  
ТРАНСПОРТА  
ФГБОУ ВО**

**ВОЛЖСКИЙ  
государственный университет  
водного транспорта**

Адрес: Н. Новгород, 603600, Н-5,  
ул. Нестерова, 5  
тел. 419-62-56

Кафедра Подъемно-транспортных машин и машиноремонта

202\_-202\_ учебный год

**Экзамен по дисциплине «Детали машин и основы конструирования»**  
Специальность 26.05.06 Эксплуатация судовых энергетических установок

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 3**

1. Конструкции подшипниковых узлов.
2. Зубчатые передачи. Расчет цилиндрических передач на контактную прочность.

Зав. кафедрой ПТМ и МР



Никитаев И.В.

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО  
ТРАНСПОРТА  
ФГБОУ ВО**

**ВОЛЖСКИЙ  
государственный университет  
водного транспорта**

Адрес: Н. Новгород, 603600, Н-5,  
ул. Нестерова, 5  
тел. 419-62-56

Кафедра Подъемно-транспортных машин и машиноремонта

202\_-202\_ учебный год

**Экзамен по дисциплине «Детали машин и основы конструирования»**  
Специальность 26.05.06 Эксплуатация судовых энергетических установок

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 4**

1. Подшипники скольжения. Общие сведения и классификация.
2. Зубчатые передачи. Расчет цилиндрических передач на изгиб.

Зав. кафедрой ПТМ и МР



Никитаев И.В.

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО  
ТРАНСПОРТА  
ФГБОУ ВО**

**ВОЛЖСКИЙ  
государственный университет  
водного транспорта**

Адрес: Н. Новгород, 603600, Н-5,  
ул. Нестерова, 5  
тел. 419-62-56

Кафедра Подъемно-транспортных машин и машиноремонта

202\_-202\_ учебный год

**Экзамен по дисциплине «Детали машин и основы конструирования»**  
Специальность 26.05.06 Эксплуатация судовых энергетических установок

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 5**

1. Червячные передачи. Особенности геометрии и кинематики.
2. Подшипники качения. Общие сведения и классификация.

Зав. кафедрой ПТМ и МР



Никитаев И.В.

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО  
ТРАНСПОРТА  
ФГБОУ ВО**

**ВОЛЖСКИЙ  
государственный университет  
водного транспорта**

Адрес: Н. Новгород, 603600, Н-5,  
ул. Нестерова, 5  
тел. 419-62-56

Кафедра Подъемно-транспортных машин и машиноремонта

202\_-202\_ учебный год

**Экзамен по дисциплине «Детали машин и основы конструирования»**  
Специальность 26.05.06 Эксплуатация судовых энергетических установок

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ 6**

1. Зубчатые передачи. Расчет конических передач на изгиб.
2. Практический расчёт подшипников скольжения

Зав. кафедрой ПТМ и МР



Никитаев И.В.

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО  
ТРАНСПОРТА  
ФГБОУ ВО**

**ВОЛЖСКИЙ  
государственный университет  
водного транспорта**

Адрес: Н. Новгород, 603600, Н-5,  
ул. Нестерова, 5  
тел. 419-62-56

Кафедра Подъемно-транспортных машин и машиноремонта

202\_-202\_ учебный год

**Экзамен по дисциплине «Детали машин и основы конструирования»**  
Специальность 26.05.06 Эксплуатация судовых энергетических установок

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 7**

1. Червячные передачи. Особенности геометрии и кинематики.
2. Подшипники качения. Общие сведения и классификация.

Зав. кафедрой ПТМ и МР



Никитаев И.В.

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО  
ТРАНСПОРТА  
ФГБОУ ВО**

**ВОЛЖСКИЙ  
государственный университет  
водного транспорта**

Адрес: Н. Новгород, 603600, Н-5,  
ул. Нестерова, 5  
тел. 419-62-56

Кафедра Подъемно-транспортных машин и машиноремонта

202\_-202\_ учебный год

**Экзамен по дисциплине «Детали машин и основы конструирования»**  
Специальность 26.05.06 Эксплуатация судовых энергетических установок

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 8**

1. КПД и материалы червячных передач. Расчет червячных колес на изгиб и контактную прочность.
2. Условия работы подшипника качения, влияющие на его работоспособность.

Зав. кафедрой ПТМ и МР



Никитаев И.В.

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО  
ТРАНСПОРТА  
ФГБОУ ВО**

**ВОЛЖСКИЙ  
государственный университет  
водного транспорта**

Адрес: Н. Новгород, 603600, Н-5,  
ул. Нестерова, 5  
тел. 419-62-56

Кафедра Подъемно-транспортных машин и машиноремонта

202\_-202\_ учебный год

**Экзамен по дисциплине «Детали машин и основы конструирования»**  
Специальность 26.05.06 Эксплуатация судовых энергетических установок

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 9**

1. Передачи трением. Фрикционные передачи. Критерии работоспособности.
2. Валы и оси – общие сведения.

Зав. кафедрой ПТМ и МР



Никитаев И.В.

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО  
ТРАНСПОРТА  
ФГБОУ ВО**

**ВОЛЖСКИЙ  
государственный университет  
водного транспорта**

Адрес: Н. Новгород, 603600, Н-5,  
ул. Нестерова, 5  
тел. 419-62-56

Кафедра Подъемно-транспортных машин и машиноремонта

202\_-202\_ учебный год

**Экзамен по дисциплине «Детали машин и основы конструирования»**  
Специальность 26.05.06 Эксплуатация судовых энергетических установок

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 10**

1. Цепные передачи. Критерии работоспособности.  
Виды и основные параметры цепей.
2. Практический расчёт подшипников качения.

Зав. кафедрой ПТМ и МР



Никитаев И.В.

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО  
ТРАНСПОРТА**  
ФГБОУ ВО

**ВОЛЖСКИЙ  
государственный университет  
водного транспорта**

Адрес: Н. Новгород, 603600, Н-5,  
ул. Нестерова, 5  
тел. 419-62-56

Кафедра Подъемно-транспортных машин и машиноремонта

202\_-202\_ учебный год

**Экзамен по дисциплине «Детали машин и основы конструирования»**  
Специальность 26.05.06 Эксплуатация судовых энергетических установок

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 11**

1. Классификация, параметры и группы режима кранов.
2. Ременные передачи. Основные сведения и основы расчета.

Зав. кафедрой ПТМ и МР



Никитаев И.В.

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО  
ТРАНСПОРТА**  
ФГБОУ ВО

**ВОЛЖСКИЙ  
государственный университет  
водного транспорта**

Адрес: Н. Новгород, 603600, Н-5,  
ул. Нестерова, 5  
тел. 419-62-56

Кафедра Подъемно-транспортных машин и машиноремонта

202\_-202\_ учебный год

**Экзамен по дисциплине «Детали машин и основы конструирования»**  
Специальность 26.05.06 Эксплуатация судовых энергетических установок

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 12**

1. Цепные передачи. Основные сведения и основы расчета.
2. Муфты. Общие сведения, назначение и классификация.

Зав. кафедрой ПТМ и МР



Никитаев И.В.

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО  
ТРАНСПОРТА  
ФГБОУ ВО**

**ВОЛЖСКИЙ  
государственный университет  
водного транспорта**

Адрес: Н. Новгород, 603600, Н-5,  
ул. Нестерова, 5  
тел. 419-62-56

Кафедра Подъемно-транспортных машин и машиноремонта

202\_-202\_ учебный год

**Экзамен по дисциплине «Детали машин и основы конструирования»**  
Специальность 26.05.06 Эксплуатация судовых энергетических установок

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 13**

1. Передачи винт-гайка. Основные сведения и основы расчета.
2. Основные сведения о планетарных передачах.

Зав. кафедрой ПТМ и МР



Никитаев И.В.

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО  
ТРАНСПОРТА  
ФГБОУ ВО**

**ВОЛЖСКИЙ  
государственный университет  
водного транспорта**

Адрес: Н. Новгород, 603600, Н-5,  
ул. Нестерова, 5  
тел. 419-62-56

Кафедра Подъемно-транспортных машин и машиноремонта

202\_-202\_ учебный год

**Экзамен по дисциплине «Детали машин и основы конструирования»**  
Специальность 26.05.06 Эксплуатация судовых энергетических установок

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 14**

1. Классификация соединений деталей машин.
3. Расчёт болтового соединения на прочность (болт поставлен с зазором).

Зав. кафедрой ПТМ и МР



Никитаев И.В.

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО  
ТРАНСПОРТА**  
ФГБОУ ВО

**ВОЛЖСКИЙ  
государственный университет  
водного транспорта**

Адрес: Н. Новгород, 603600, Н-5,  
ул. Нестерова, 5  
тел. 419-62-56

Кафедра Подъемно-транспортных машин и машиноремонта

202\_-202\_ учебный год

**Экзамен по дисциплине «Детали машин и основы конструирования»**  
Специальность 26.05.06 Эксплуатация судовых энергетических установок

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 15**

1. Основные сведения о рычажных передачах.
2. Уплотнительные устройства.

Зав. кафедрой ПТМ и МР



Никитаев И.В.

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО  
ТРАНСПОРТА**  
ФГБОУ ВО

**ВОЛЖСКИЙ  
государственный университет  
водного транспорта**

Адрес: Н. Новгород, 603600, Н-5,  
ул. Нестерова, 5  
тел. 419-62-56

Кафедра Подъемно-транспортных машин и машиноремонта

202\_-202\_ учебный год

**Экзамен по дисциплине «Детали машин и основы конструирования»**  
Специальность 26.05.06 Эксплуатация судовых энергетических установок

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 16**

1. Сварные соединения. Расчёт нахлесточного сварного соединения.
2. Расчёт болтового соединения на прочность.

Зав. кафедрой ПТМ и МР



Никитаев И.В.

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО  
ТРАНСПОРТА**  
ФГБОУ ВО

**ВОЛЖСКИЙ  
государственный университет  
водного транспорта**

Адрес: Н. Новгород, 603600, Н-5,  
ул. Нестерова, 5  
тел. 419-62-56

Кафедра Подъемно-транспортных машин и машиноремонта

202\_-202\_ учебный год

**Экзамен по дисциплине «Детали машин и основы конструирования»**  
Специальность 26.05.06 Эксплуатация судовых энергетических установок

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 17**

1. Сварные соединения. Расчёт стыкового сварного соединения.
4. Проверочный расчёт вала.

Зав. кафедрой ПТМ и МР



Никитаев И.В.

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО  
ТРАНСПОРТА**  
ФГБОУ ВО

**ВОЛЖСКИЙ  
государственный университет  
водного транспорта**

Адрес: Н. Новгород, 603600, Н-5,  
ул. Нестерова, 5  
тел. 419-62-56

Кафедра Подъемно-транспортных машин и машиноремонта

202\_-202\_ учебный год

**Экзамен по дисциплине «Детали машин и основы конструирования»**  
Специальность 26.05.06 Эксплуатация судовых энергетических установок

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 18**

1. Заклёпочные соединения. Виды заклёпок.
2. Проектировочный расчёт вала.

Зав. кафедрой ПТМ и МР



Никитаев И.В.

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО  
ТРАНСПОРТА  
ФГБОУ ВО**

**ВОЛЖСКИЙ  
государственный университет  
водного транспорта**

Адрес: Н. Новгород, 603600, Н-5,  
ул. Нестерова, 5  
тел. 419-62-56

Кафедра Подъемно-транспортных машин и машиноремонта

202\_-202\_ учебный год

**Экзамен по дисциплине «Детали машин и основы конструирования»**  
Специальность 26.05.06 Эксплуатация судовых энергетических установок

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 19**

1. Сварные соединения. Расчёт таврового сварного соединения.
2. Расчет группового заклёпочного соединения.

Зав. кафедрой ПТМ и МР



Никитаев И.В.

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО  
ТРАНСПОРТА  
ФГБОУ ВО**

**ВОЛЖСКИЙ  
государственный университет  
водного транспорта**

Адрес: Н. Новгород, 603600, Н-5,  
ул. Нестерова, 5  
тел. 419-62-56

Кафедра Подъемно-транспортных машин и машиноремонта

202\_-202\_ учебный год

**Экзамен по дисциплине «Детали машин и основы конструирования»**  
Специальность 26.05.06 Эксплуатация судовых энергетических установок

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 20**

1. Основы проектирования механизмов, стадии разработки.
2. Муфта зубчатая. Устройство и подбор.

Зав. кафедрой ПТМ и МР



Никитаев И.В.

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО  
ТРАНСПОРТА  
ФГБОУ ВО**

**ВОЛЖСКИЙ  
государственный университет  
водного транспорта**

Адрес: Н. Новгород, 603600, Н-5,  
ул. Нестерова, 5  
тел. 419-62-56

Кафедра Подъемно-транспортных машин и машиноремонта

202\_-202\_ учебный год

**Экзамен по дисциплине «Детали машин и основы конструирования»**  
Специальность 26.05.06 Эксплуатация судовых энергетических установок

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 21**

1. Муфты зубчатые. Устройство и подбор.
2. Шлицевые соединения. Расчет прямобочного шлицевого соединения.

Зав. кафедрой ПТМ и МР



Никитаев И.В.

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО  
ТРАНСПОРТА  
ФГБОУ ВО**

**ВОЛЖСКИЙ  
государственный университет  
водного транспорта**

Адрес: Н. Новгород, 603600, Н-5,  
ул. Нестерова, 5  
тел. 419-62-56

Кафедра Подъемно-транспортных машин и машиноремонта

202\_-202\_ учебный год

**Экзамен по дисциплине «Детали машин и основы конструирования»**  
Специальность 26.05.06 Эксплуатация судовых энергетических установок

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 22**

1. Червячные передачи. Геометрические параметры.
2. Подшипники качения. Расчет по статической грузоподъемности.

Зав. кафедрой ПТМ и МР



Никитаев И.В.

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО  
ТРАНСПОРТА  
ФГБОУ ВО**

**ВОЛЖСКИЙ  
государственный университет  
водного транспорта**

Адрес: Н. Новгород, 603600, Н-5,  
ул. Нестерова, 5  
тел. 419-62-56

Кафедра Подъемно-транспортных машин и машиноремонта

202\_-202\_ учебный год

**Экзамен по дисциплине «Детали машин и основы конструирования»**  
Специальность 26.05.06 Эксплуатация судовых энергетических установок

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 23**

1. Проектировочный расчет валов.
2. Основные показатели надежности.

Зав. кафедрой ПТМ и МР



Никитаев И.В.

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО  
ТРАНСПОРТА  
ФГБОУ ВО**

**ВОЛЖСКИЙ  
государственный университет  
водного транспорта**

Адрес: Н. Новгород, 603600, Н-5,  
ул. Нестерова, 5  
тел. 419-62-56

Кафедра Подъемно-транспортных машин и машиноремонта

202\_-202\_ учебный год

**Экзамен по дисциплине «Детали машин и основы конструирования»**  
Специальность 26.05.06 Эксплуатация судовых энергетических установок

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 24**

1. Клеевые и паяные соединения деталей. Основы расчёта.
2. Шпоночные соединения. Расчёт шпоночного соединения на призматической шпонке.

Зав. кафедрой ПТМ и МР



Никитаев И.В.

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО  
ТРАНСПОРТА  
ФГБОУ ВО**

Кафедра Подъемно-транспортных машин и машиноремонта

202\_-202\_ учебный год

**Экзамен по дисциплине «Детали машин и основы конструирования»**  
Специальность 26.05.06 Эксплуатация судовых энергетических установок

**ВОЛЖСКИЙ  
государственный университет  
водного транспорта**

Адрес: Н. Новгород, 603600, Н-5,  
ул. Нестерова, 5  
тел. 419-62-56

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 25**

1. Характерные виды разрушения зубьев
2. Силы в зацеплении зубчатых передач.

Зав. кафедрой ПТМ и МР



Никитаев И.В.

---