



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
УПРАВЛЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Кафедра «Эксплуатация транспортных систем и логистика»

**Учебно-методическое пособие**  
«Проектирование клиноременной  
передачи»  
по дисциплинам

**«Теоретические основы тех-  
нической эксплуатации ав-  
томобилей»,  
«Основы работоспособности  
технических систем»**

Авторы  
Демьянов Ал.Ал.,  
Демьянов Ал.Ан.

Ростов-на-Дону, 2019



## Аннотация

В пособии даются рекомендации к выполнению проектировочного и проверочного расчета параметров ременной передачи типового привода. Приводятся справочные материалы, содержащие данные по геометрическим и силовым параметрам стандартных клиновых ремней и шкивов.

Учебно-методическое пособие предназначено для студентов всех форм обучения по направлениям подготовки 23.03.02 - Наземные транспортно-технологические комплексы, 23.03.03 - Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов.

## Авторы

к.т.н., доцент кафедры «ЭТСиЛ»

Демьянов Ал. Ал.,

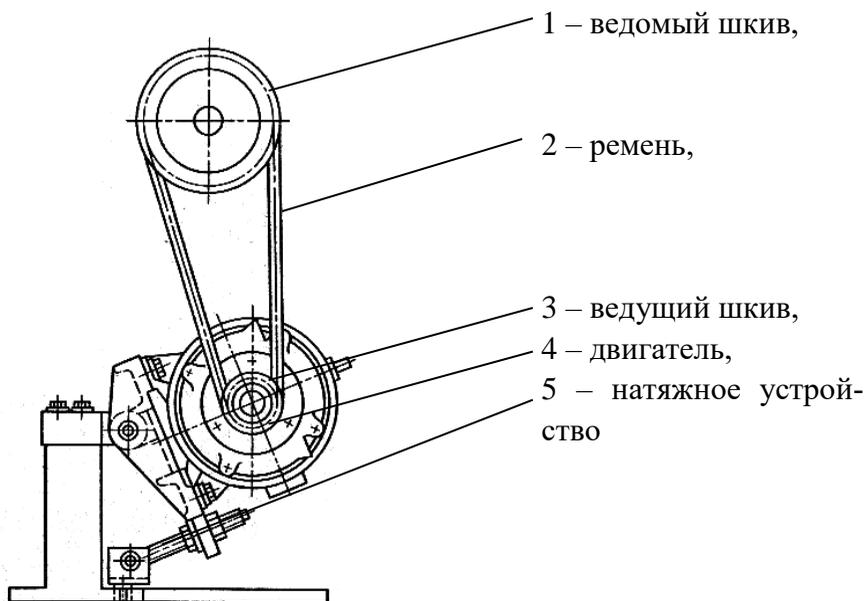
д.т.н., профессор кафедры «ЭТСиЛ»

Демьянов Ал. Ан.





## РАСЧЕТ КЛИНОРЕМЕННОЙ ПЕРЕДАЧИ



Исходные данные для расчета:

- передаваемая мощность  $N = N_{mp} = 10$  кВт;
- частота вращения ведущего (меньшего) шкива  $n_1 = 724$  об/мин;
- передаточное отношение  $i_{рем} = 2,4$ ;
- скольжение с не регулируемым натяжением ремня  $\varepsilon$  принять 0,015;
- скольжение с регулируемым натяжением ремня  $\varepsilon$  принять 0,01.

1. По номограмме П.1 в зависимости от частоты вращения меньшего шкива  $n_1$  и передаваемой мощности  $N$  принимаем сечение клинового ремня Б.

2. Вращающий момент  $T = N_{mp} / \omega_{дв} = 10 / 101,95 = 99,3$  кН·м.

где угловая скорость  $\omega_1 = \frac{\pi \cdot n_1}{30} = \frac{\pi \cdot 724}{30} = 75,77$  рад/с.

3. Диаметр меньшего шкива

$$d_1 = (3...4) \cdot \sqrt[3]{T} = (3...4) \cdot \sqrt[3]{99,3 \cdot 10^3} = 138,79...265,2 \text{ мм.}$$

4. С учетом того, что диаметр шкива для ремней сечения Б не должен быть менее 125 мм П. 2, согласно ГОСТ 17383-73 выбираем стандартное значение для диаметра меньшего шкива  $d_1 = 160$  мм.

Стандартные диаметры шкивов, мм по ГОСТ 17383-73:

40; 45; 50; 56; 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; 1120; 1250; 1600; 1800; 2000.

5. Уточняем передаточное отношение

$$i'_{\text{рем}} = \frac{d_2}{d_1(1-\varepsilon)} = \frac{380}{160(1-0,015)} = 2,41.$$

При этом фактическая угловая скорость ведомого вала будет

$$\omega_2' = \omega_1 / i_{\text{рем}} = 57,77 / 2,41 = 31,44 \text{ рад/с,}$$

а расхождение с тем, что было получено по первоначальному расчету,

$$\Delta_i = \frac{i'_{\text{дв}} - i_{\text{дв}}}{i'_{\text{дв}}} \cdot 100\% = \frac{2,41 - 2,4}{2,41} \cdot 100\% = 0,43\%,$$

что менее допусаемого равного 3 %. Следовательно, окончательно принимаем диаметры шкивов  $d_1 = 160$  мм и  $d_2 = 380$  мм.

6 Межосевое расстояние  $a_p$  следует принять в интервале

$$a_{min} = 0,55(d_1 + d_2) + T_0 = 0,55(160 + 380) + 13,5 = 310,5 \text{ мм},$$

$$a_{max} = d_1 + d_2 = 160 + 380 = 540 \text{ мм}, \quad \text{предварительно принимаем}$$

$$a_p = 350 \text{ мм},$$

где  $T_0 = 10,5 \text{ мм}$  – высота сечения ремня по П. 2.

7 Расчетная длина ремня по принятому расстоянию составит

$$L = 2 \cdot a_p + 0,5 \cdot \pi \cdot (d_1 + d_2) + (d_2 - d_1)^2 / 4 \cdot a_p = 2 \cdot 350 + 0,5 \cdot \pi \cdot 350 +$$

$$+ (380 - 160)^2 / (4 \cdot 350) = 700 + 1099 + 34,57 = 1833,57 \text{ мм},$$

принимаем по П. 2 длину ремня 2000 мм.

8 Уточненное значение межосевого расстояния  $a_p$  с учетом стандартной длины ремня  $L$

$$a_p = \frac{(L - w) + \sqrt{(L - w)^2 - 2 \cdot y}}{4} = \frac{(2000 - 847,8) + \sqrt{(2000 - 847,8)^2 - 2 \cdot 291600}}{4} =$$

$$= \frac{(1152,2) + \sqrt{(1152,2)^2 - 2 \cdot 291600}}{4} = \frac{1152,2 + 763,68}{4} = 479,1 \text{ мм}.$$

$$\text{где } w = 0,5 \cdot \pi \cdot (d_1 + d_2) = 0,5 \cdot 3,14 \cdot (160 + 380) = 847,8 \text{ мм},$$

$$y = (d_2 - d_1)^2 = 540^2 = 291600.$$

При монтаже передачи необходимо обеспечить возможность уменьшения межосевого расстояния на  $0,01 \cdot L$  для облегчения надевания ремней на шкивы и возможность увеличения его на  $0,025 \cdot L$  для увеличения натяжения ремней.

Для натяжения ремня ход двигателя составит 5 мм, для облегченного одевания ремня на шкивы ход составит 12 мм.

9 Угол обхвата меньшего шкива

$$\alpha_1^\circ = 180 - \frac{57 \cdot (d_2 - d_1)}{d_{\text{дв}}} = 180 - \frac{57 \cdot (380 - 160)}{479,1} = 153,8^\circ.$$

10 Выбираем коэффициент режима работы  $C_p$ , учитывающий условия эксплуатации передачи, по П. 4.

11 Выбираем коэффициент  $C_L$ , учитывающий влияние длины ремня, по П. 5.

12 Выбираем коэффициент  $C_\alpha$ , учитывающий влияние угла обхвата, по П. 6.

13 Выбираем коэффициент  $C_z$ , учитывающий число ремней в передаче, по П. 7.

14 Определяем число ремней в передаче

$$z = (P \cdot C_p) / (P_0 \cdot C_L \cdot C_z \cdot C_\alpha) = (10 \cdot 1,0) / (2,65 \cdot 1,04 \cdot 0,91 \cdot 0,9) = 4,43,$$

где  $P_0$  – мощность, передаваемая одним клиновым ремнем, выбирается по П. 3;

так для ремня сечения Б при длине  $L = 2000$  мм, диаметру шкива  $d_1 = 160$  мм и передаточном числе  $i = 2,4$  мощность  $P_0 = 3,02$  кВт (то, что в нашем случае ремень имеет отличную от табличной длину учитывается коэффициентом  $C_L$ ).

Принимаем  $z = 5$ .

## 15 Натяжение ветви клинового ремня

$$F_0 = Q \cdot V^2 + (850 \cdot P \cdot C_L \cdot C_P) / (z \cdot V \cdot C_a) = 0,18 \cdot 6,06^2 + (850 \cdot 10 \cdot 0,98 \cdot 1,1) / (5 \cdot 6,06 \cdot 0,94) = 11,9 + 321,7 = 333,6 \text{ кН},$$

где  $V = 0,5 \cdot d_1 \cdot \omega = 0,5 \cdot 75,77 \cdot 160 = 6,06 \text{ м/с}$  – скорость ремня,

$Q = 0,18$  – коэффициент, учитывающий влияние центробежных сил, по П. 8.

## 16 Давление на валы

$$F_g = 2 \cdot F_0 \cdot z \cdot \sin(\alpha/2) = 2 \cdot 333,6 \cdot 5 \cdot \sin(153,8^\circ/2) = 3249,18 \text{ Н}.$$

## 17 Ширина шкивов

$$B_{ш} = (z - 1) \cdot e + 2 \cdot f = (4 - 1) \cdot 19 + 2 \cdot 12,5 = 82 \text{ мм},$$

где  $e = 19$ ;  $f = 12,5 \text{ мм}$ , согласно П. 8.

## 18 Долговечность ремня в часах

$$H_0 = \frac{N_0 \cdot L \cdot \left( \frac{\sigma_{-1}}{\sigma_{\max}} \right) \cdot C_i \cdot C_n}{60 \cdot \pi \cdot d_1 \cdot n_1}, \text{ ч},$$

где  $N_0$  – базовое число циклов, по П. 10;

$L$  – расчетная длина ремня;

$$C_i \approx 1,5 \sqrt[3]{i_{\text{рем}}} - 0,5 \quad \text{– коэффициент, учитывающий}$$

влияние передаточного числа;

$C_n$  – коэффициент, учитывающий влияние нагрузки (при постоянной нагрузке  $C_n = 1$ , при переменной  $C_n = 2$ );

$\sigma_l$  – предел выносливости ремня, в расчетах принять 7 МПа;

$\sigma_{max} = \sigma_l + \sigma_u + \sigma_v$  – максимальное напряжение в сечении ремня, в котором

$\sigma_l = F_l/A$  – напряжения от растяжения ремня,  $A$  – площадь поперечного сечения ремня по П. 2;

$\sigma_u = E_u \cdot T_0/d_l$  – напряжения от изгиба ремня (для резинотканевых ремней  $E_u = 100 \dots 200$  МПа, для хлопчатобумажных  $E_u = 50 \dots 80$  МПа);

$\sigma_v = \rho \cdot v^2 \cdot 10^{-6}$  – напряжения ремня от центробежных сил;

$\rho = 1100 \dots 1200$  кг/м<sup>3</sup> – плотность ремня.

Долговечность ремня при легком режиме работы должна составлять не менее 5000 ч., при среднем – 2000 ч., при тяжелом – 1000 ч.

$$\sigma_l = 3249,18 / 133 \cdot 5 = 4,89 \text{ МПа,}$$

$$\sigma_u = 50 \cdot 10,5 / 160 = 6,56 \text{ МПа,}$$

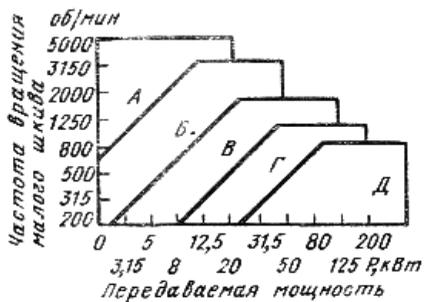
$$\sigma_v = 1100 \cdot 6,06^2 \cdot 10^{-6} = 0,04 \text{ МПа.}$$

$$H_0 = \frac{4,7 \cdot 10^6 \cdot 2000 \cdot \left(\frac{7}{8,21}\right) \cdot 1,5 \cdot 2}{60 \cdot 3,14 \cdot 160 \cdot 724} = \frac{2,4 \cdot 10^{10}}{21824256} = 1101,6 \text{ ч.}'$$

что больше требуемой, однако, в случае необходимости дальнейшего увеличения долговечности передачи необходимо увеличить диаметры шкивов.

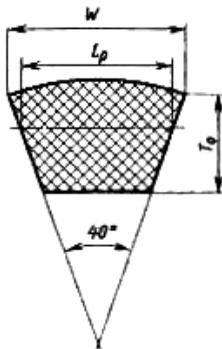
## ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Номограмма для выбора сечения ремня



## ПРИЛОЖЕНИЕ 2.

Размеры клиновых ремней по ГОСТ 1284.1–80



Обозначение сечения	$d$	$l_p$	$W$	$T_0$	$A$	$L_p$	$\Delta L$	Масса одного метра, кг
О	63	8,5	10	6	47	400 – 2500	25	0,06
А	90	11,0	13	8	81	560 – 4000	33	0,10
Б	125	14,0	17	10,5	133	800 – 6300	40	0,18
В	200	19,0	22	13,5	230	1800 – 10000	59	0,30
Г	315	27	32	19,0	476	3150 – 14000	76	0,60

Д	500	32	38	23,5	692	4500 – 18000	95	0,90
Е	800	43	50	30,0	$\frac{117}{2}$	6300 – 18000	$\frac{12}{0}$	1,52

Примечания:

1 В графе А указана площадь поперечного сечения ремня, мм<sup>2</sup>; в графе  $\Delta L$  – разность между расчетной  $L_p$  и внутренней  $L_{вн}$  длиной ремня.

2 Стандартный ряд длин  $L_p$ : 400; 450; 500; 560; 630; 710; 800; 900; 1000; 1120; 1400; 1600; 1800; 2000; 2240; 2500; 2800; 3150; 3550; 4000; 4500; 5000; 5600; 6300; 7100; 8000; 9000; 10000; 11200; 11250; 14000; 16000; 18000.

3 В технически обоснованных случаях допускаются промежуточные значения  $L_p$ : 425; 475; 530; 600; 670; 750; 850; 950; 1060; 1180; 1320; 1500; 1700; 1900; 2120; 2560; 2650; 3000; 3350; 3750; 4250; 4750; 5300; 6000; 6700; 7500; 8500; 9500; 10600; 11800; 13200; 15000; 17000.

Пример, ремень сечения В с расчетной длиной  $L_p = 2500$  мм, с кордной тканью в несущем слое: Ремень В-2500 Т ГОСТ 1284.1-80.

### ПРИЛОЖЕНИЕ 3.

Номинальная мощность, передаваемая одним ремнем  
в зависимости от его сечения

Сечение ремня $L_p$ , мм)	$d_1$ мм	$i$	Частота вращения $\gamma$ , об/мин						
			400	800	950	1200	1450	1600	2000
О (1320)	71	1,2	0,22	0,39	0,45	0,54	0,63	0,69	0,82
		1,5	0,23	0,40	0,46	0,56	0,66	0,71	0,84
		> 3	0,23	0,42	0,48	0,58	0,68	0,73	0,87
	80	1,2	0,26	0,47	0,55	0,66	0,77	0,84	1,0
		1,5	0,27	0,49	0,56	0,68	0,80	0,86	1,03
		>3	0,28	0,50	0,58	0,71	0,82	0,89	1,06
	100	1,2	0,36	0,65	0,75	0,92	1,07	1,16	1,39
		1,5	0,37	0,67	0,78	0,95	1,11	1,20	1,43
		> 3	0,38	0,70	0,80	0,98	1,14	1,24	1,48
112	1,2	0,42	0,76	0,88	1,07	1,25	1,35	1,61	

	1,5	0,43	0,78	0,91	1,10	1,29	1,40	1,66
	> 3	0,44	0,81	0,94	1,14	1,33	1,44	1,72

А (1700)	100	1,2	0,50	0,88	1,01	1,22	1,41	1,52	1,65
		1,5	0,52	0,91	1,05	1,25	1,45	1,57	1,71
		>3	0,53	0,94	1,08	1,30	1,50	1,62	1,76
	125	1,2	0,71	1,28	1,47	1,77	2,06	2,22	2,42
		1,5	0,74	1,32	1,52	1,83	2,13	2,29	2,50
		> 3	0,76	1,36	1,57	1,89	2,19	2,36	2,58
	160	1,2	1,00	1,81	2,09	2,52	2,92	3,14	3,61
		1,5	1,03	1,87	2,15	2,60	3,02	3,24	3,53
		> 3	1,07	1,93	2,22	2,69	3,11	3,35	3,64
	180	1,2	1,16	2,10	2,43	2,93	3,38	3,63	3,94
		1,5	1,20	2,17	2,51	3,03	3,50	3,75	4,07
		> 3	1,24	2,24	2,59	3,12	3,61	3,87	4,19
Б (2240)	140	1,2	1,12	1,95	2,22	2,64	3,01	3,21	3,66
		1,5	1,16	2,01	2,30	2,72	3,10	3,32	3,78
		> 3	1,20	2,08	2,37	2,82	3,21	3,42	3,90
	180	1,2	1,70	3,01	3,45	4,11	4,70	5,01	5,67
		1,5	1,76	3,11	3,56	4,25	4,85	5,17	5,86
		> 3	1,81	3,21	3,67	4,38	5,01	5,34	6,05
	224	1,2	2,32	4,13	4,73	5,63	6,39	6,77	7,55
		1,5	2,40	4,27	4,89	5,81	6,60	7,00	7,80
	Б (2240)	224	> 3	2,47			6,0		
280		1,2	3,09	5,49	6,26	7,42	8,30	8,69	9,2

		1,5	3,19	5,67	6,47	7,66	8,57	8,97	9,5
		> 3	3,29	5,85	6,67	7,91	8,84	9,26	9,8'

Сечение ремня $L_p$ , (мм)	$d_1$ мм	$i$	400	800	950	1200	1450
			В (3750)	224	1,2	3,20	5,47
1,5	3,31	5,65			6,38	7,45	8,23
3=3	3,41	5,83			6,58	7,69	8,49
280	1,2	4,63		8,04	9,08	10,49	11,47
	1,5	4,78		8,30	9,37	10,83	11,84
	>.Э	4,93		8,57	9,67	11,17	12,22
355	1,2	6,47		11,19	12,55	14,23	15,10
	1,5	6,69		11,56	12,95	14,70	15,59
	>3	6,90		11,92	13,36	15,16	16,09
450	1,2	8,77		14,76	16,29	17,75	—
	1,5	9,05		15,24	16,8	18,33	—
	> 3	9,34		15,72	17,35	18,91	—
Г (6000)	400	1,2	12,25	19,75	21,46	22,68	—
		1,5	12,64	20,40	22,16	23,42	—
		> 3	13,04	21,04	22,86	24,16	—
	560	1,2	20,27	31,62	33,21	—	—
		1,5	20,93	32,65	34,30	—	—
		> 3	21,59	33,68	35,38	—	—

	710	1,2	27,23	39,44	38,90	—	—
		1,5	28,12	40,73	40,17	—	—
		»3	29,01	42,02	41,44	—	—
Д (7100)	560	1,2	24,07	31,62	33,21	—	—
		1,5 >3	24,85 25,64	32,65 33,68	34,30 35,38	—	—

### ПРИЛОЖЕНИЕ 4.

Коэффициент  $C_p$ , учитывающий условия эксплуатации

Режим работы; кратковременная перегрузка, % от номинальной	Типы машин	$C_p$ при числе смен		
		1	2	3
Легкий; 120	Конвейеры ленточные; насосы и ком- прессоры центробежные; токарные и шлифовальные станки	1,0	1,1	1,4
Средний; 150	Конвейеры цепные; элеваторы; ком- прессоры и насосы поршневые; стан- ки фрезерные; пилы дисковые	1,1	1,2	1,5
Тяжелый; 200	Конвейеры скребковые; шнеки; стан- ки строгальные и долбежные; прессы; машины для брикетирования кормов; деревобрабатывающие	1,2	1,3	1,6
Очень тяжелый; 300	Подъемники; экскаваторы; молоты; дробилки; лесопильные машины	1,3	1,5	1,7

### ПРИЛОЖЕНИЕ 5.

Коэффициент  $C_L$ , учитывающий влияние длины ремня

$L_p$ , мм	Сечение ремня					
	О	А	Б	В	Г	Д
400	0,79	—	—	—	—	—
500	0,81	—	—	—	—	—
560	0,82	0,79	—	—	—	—
710	0,86	0,83	—	—	—	—
900	0,92	0,87	0,82	—	—	—
1000	0,95	0,90	0,85	—	—	—
1250	0,98	0,93	0,88	—	—	—
1500	1,03	0,98	0,92	—	—	—
1800	1,06	1,01	0,95	0,86	—	—

2000	1,08	1,03	0,98	0,88	–	–
2240	1,10	1,06	1,00	0,91	–	–
2500	1,30	1,09	1,03	0,93	–	–
2800	–	1,11	1,05	0,95	–	–
3150	–	1,13	1,07	0,97	0,86	–
4000	–	1,17	1,13	1,02	0,91	–
4750	–	–	1,17	1,06	0,95	0,91
5300	–	–	1,19	1,08	0,97	0,94
6300	–	–	1,23	1,12	1,01	0,97
7500	–	–	–	1,16	1,05	1,01
9000	–	–	–	1,21	1,09	1,05
10000	–	–	–	1,23	1,11	1,07

### ПРИЛОЖЕНИЕ 6.

 Коэффициент  $C_\alpha$ , учитывающий влияние угла обхвата

Угол обхвата	180°	160°	140°	120°	100°	90°	70°
$C_\alpha$	1,0	0,95	0,89	0,83	0,82	0,68	0,56

### ПРИЛОЖЕНИЕ 7.

 Коэффициент  $C_z$ , учитывающий число ремней в передаче

Количество ремней	2 – 3	4 – 6	более 6
$C_z$			

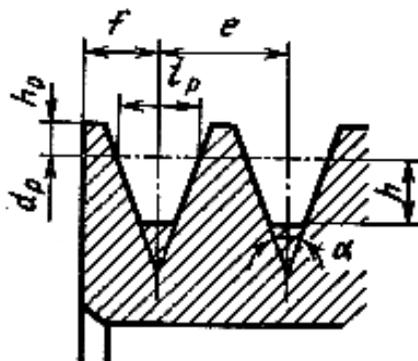
### ПРИЛОЖЕНИЕ 8.

Коэффициент, учитывающий влияние центробежных сил

Сечение ремня	О	А	Б	В	Г	Д
$\theta$	0,06	0,1	0,18	0,3	0,6	0,9

### ПРИЛОЖЕНИЕ 9.

Канавки шкивов



Ремень		Размеры канавок				Углы профиля канавок			
Сечение	$l_p$	$h$	$h_o$	$f$	$e$	34°	36°	38°	40°
						$d_p$			
О	8,5	7,0	2,5	8,0	12,0	63 – 71	80 – 100	112 – 160	≥ 180
А	11,0	8,7	3,3	10,0	15,0	90 – 112	125 – 160	180 – 400	≥ 450
Б	14,0	10,8	4,2	12,5	19,0	125 – 160	180 – 224	250 – 500	≥ 560
В	19,0	14,3	5,7	17,0	25,5	200 – 315	200 – 315	355 – 630	≥ 710
Г	27,0	19,9	8,1	24,0	37,0	–	315 – 450	500 – 900	≥ 1000
Д	32,0	23,4	9,6	29,0	41,5	–	500 – 560	630 – 1120	≥ 1250

## ПРИЛОЖЕНИЕ 10.

Базовое число циклов  $N_0$

Сечение ремня	О и А	Б, В и Г	Д и Е
$N_0$	$4,6 \cdot 10^6$	$4,6 \cdot 10^6$	$4,6 \cdot 10^6$

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. . Курсовое проектирование деталей машин / С.А. Чернавский, И.М. Боков [и др.]. – 2-е изд. – М. : Машиностроение, 1988. – 416 с.

2. Демьянов, А.А. Основы теории конструирования и производства техники транспорта / А.А. Демьянов, Е.А. Ковалев, В.С. Малмалаев. – Ростов н/Д : РГУПС, 1994. – 15 с