



**Методические указания по выполнению практической работы
(расчётно-графической работы) студентов
по дисциплине ОП.01 Техническая механика**

по специальности

23.02.06. Техническая эксплуатация подвижного состава железных дорог

(базовой подготовки)

Раздел 4: « Детали машин»

Самара, 2022 г.



Методические указания разработаны на основе Федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования по специальностям СПО, рабочей программы дисциплины ОП.02 Техническая механика 23.02.06. Техническая эксплуатация подвижного состава железных дорог

Разработчики:

Преподаватель ГАПОУ СГК Л.В. Венкова

Одобрено заседании Строительно-энергетической
кафедры

Протокол №1 от 01. 09. 2022 г.

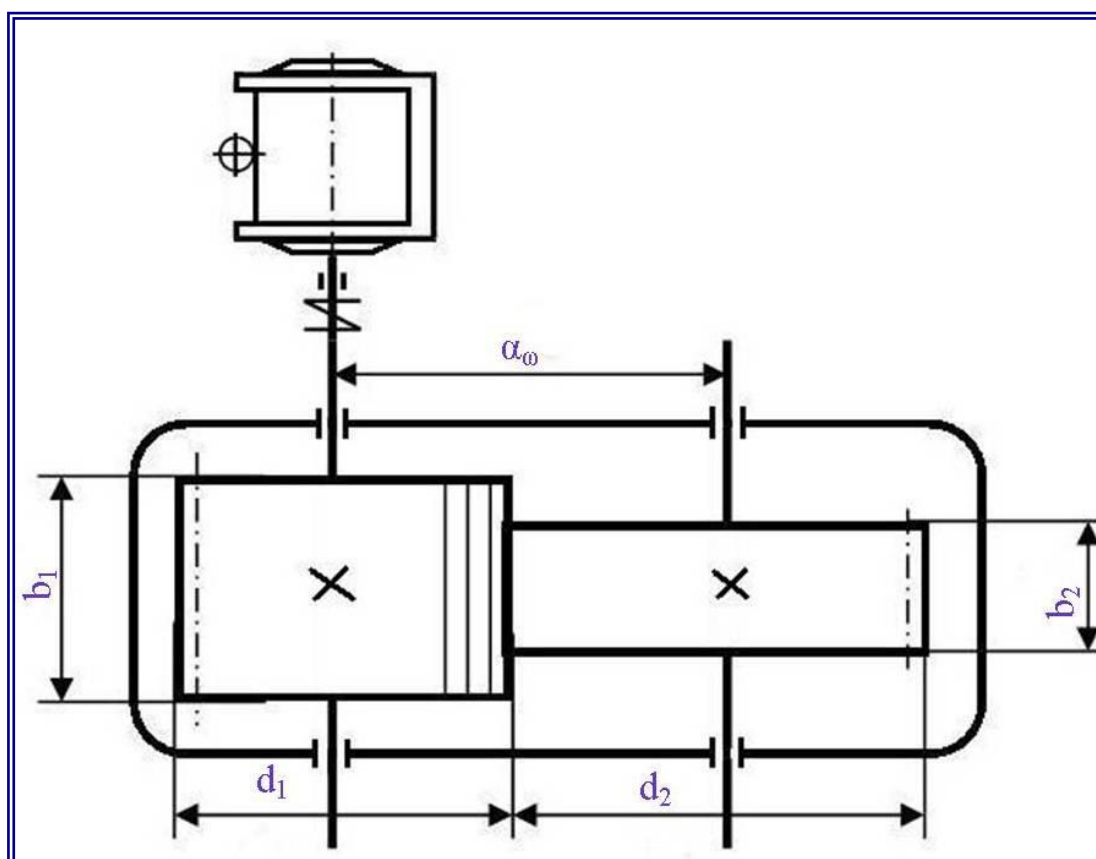
Руководитель: _ Л.В. Венкова

Методическая разработка предназначена для студентов средних профессиональных учебных заведений изучающих, техническую механику. Разработка может быть использована преподавателями для закрепления теоретических знаний студентов по разделу «Детали машин», для организации самостоятельной работы студентов при выполнении практических расчётов зубчатой передачи, для организации контроля знаний при дистанционном обучении. Методическая разработка позволяет студенту проследить междисциплинарную связь дисциплин общепрофессионального и специального циклов.

Задание

В тетради произвести расчет заданной передачи, если известны мощность на ведомом валу P_2 , его угловая скорость ω_2 и передаточное число передачи U , L_h – ресурс передачи. На формате А4 в соответствии с ГОСТом ЕСКД и расчетом, вычертить рабочий чертеж зубчатого колеса, указав все необходимые размеры, отклонения, шероховатость термообработки.

Данные для расчета передачи смотри в приложении





Порядок выполнения работы

1. Принимаем число зубьев шестерни

$$Z_1 = 20 \leftrightarrow 30$$

2. Определяем скорость ведущего вала

$$\omega_1 = u * \omega_2$$

3. Вращающие моменты на валах

$$T_2 = P_2 * 10^3 / \omega_2;$$

$$T_1 = T_2 / u$$

4. Определяем число циклов ведомого вала

$$n_2 = \frac{30\omega_2}{\pi}$$

$$N_k = 60n_2 * L_h$$

Средняя твердость поверхностей зубьев	НВ _{СР}	200	250	300	350	400	450	500	550	600
	НRC _{СР}	-	25	32	38	43	47	52	56	60
Н _{НО} , млн. циклов		10	16,5	25	36,4	50	68	87	114	143

5. Материал колеса **Сталь 45**

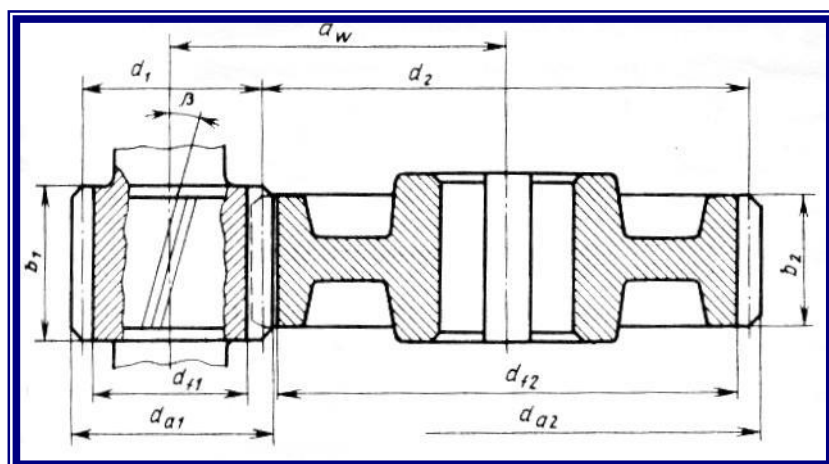
НВ < 350 – невысокие нагрузки

НВ > 350 – закалка, повышенная скорость

6. Вычисляем межосевое расстояние

$$a_w \geq K(u+1) \sqrt[3]{\frac{K_{HB} * T_1}{u * \Psi_{BA} (\sigma_{HP} * 10^6)^2}}$$

Для прямозубых колес



$$K_a = 4950 \text{ Па}$$

$$\Psi_{va} = 0,4$$

Материал	Термообработка	Твердость		$V_{\text{НР}}$; МПа	$N_{\text{Н0}} * 10^7$	v_{FP} МПа		$N_{\text{F8}} * 10^6$
		поверхности	сердцевины			Вид нагрузки		
						р-	Реверсивная	
Сталь 45	1.Нормализация улучшение	HB180...200		420	1	155	110	4
	2. Закалка ТВЧ 3.	HB240...280		600	1,5	195	130	4
	Сквозная с охватом дна впадины.	HRC40...50		800	6	210	160	4
	4. Закалка ТВЧ поверхностная с охватом дна впадины	HRC40... 52	HB240...2 80	800	6	230	180	4



Допускаемое напряжение для зубьев при расчете зубчатых передач на выносливость

$K_{НВ}$ при $> HB350 \rightarrow 1,08$

$K_{НВ}$ при $< HB350 \rightarrow 1,05$

Выбираем, α_ω по таблице

Межосевое расстояние α_ω (мм)

1 ряд	40	50	63	80	100	125	-	160	-
2 ряд	-	-	-	-	-	-	140	-	180
1 ряд	200	250	315	400	500	635			
2 ряд	2,25	280	355	450	560				

7. Подсчитываем m исходя из твердости материала. \rightarrow см. таблицу справочных. Выбираем стандартное значение m по таблице.

Для закрытой передачи

Твердость колес и шестерни $200 < H \leq 350 HB$

$$m = (0,01 \text{ до } \dots 0,02) * \alpha_\omega; \quad [\sigma]_{HP} = 600 MA_a$$

Твердость колес и шестерни $\rightarrow H \geq 45HRC; [\sigma]_{HP} = 800HA_a$

$$m = (0,016 \text{ до } 0,031) * \alpha_\omega;$$



Справочные данные

Модули m (мм)

1 ряд	2 ряд	1 ряд	2 ряд
1	1,125	4	4,5
1,25	1,375	5	5,5
1,5	1,75	6	7
2	2,25	8	9
2,5	2,75	10	11
3	3,5	12	14

8. Определяем число зубьев закрытой передачи

Передаточные числа u

1 ряд	1,0	-	1,25	-	1,6	-	2,0	-	2,25
2 ряд	-	1,12	-	1,4	-	1,8	-	2,24	-
1 ряд	-	3,15	-	4,0	-	5,0	-	6,3	8,0
2 ряд	2,8	-	3,55	-	4,5	-	5,6	7,1	9,0

$$Z_1 = 2 \cdot a_w / [m \cdot (u + 1)]$$

$$Z_2 = u \cdot Z_1$$



9. Определяем основные геометрические размеры передачи

а) Диаметр делительных окружностей

$$d_1 = m * Z_1; \quad d_2 = m * Z_2$$

б) Диаметр вершин зубьев

$$d_{a1} = d_1 + 2m; \quad d_{a2} = d_2 + 2m$$

в) Межосевое расстояние

$$a = (d_1 + d_2) / 2$$

г) Ширина венца колеса

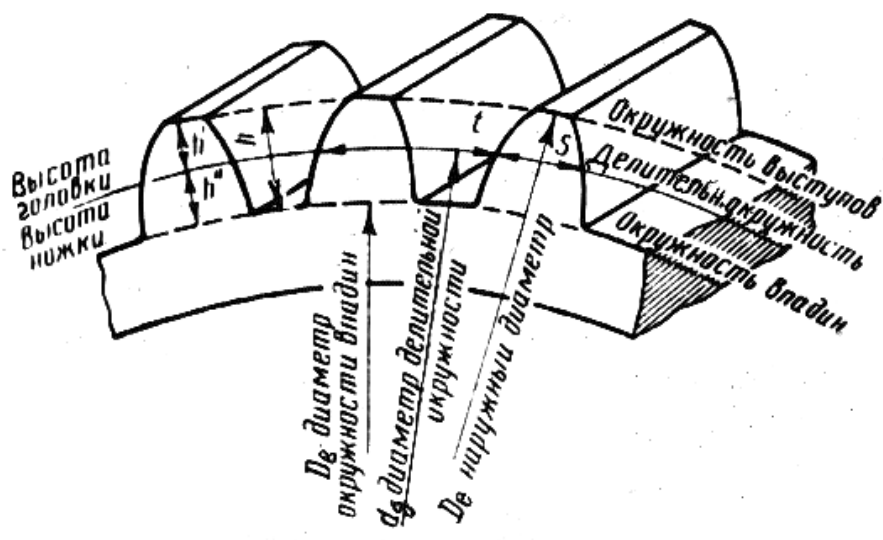
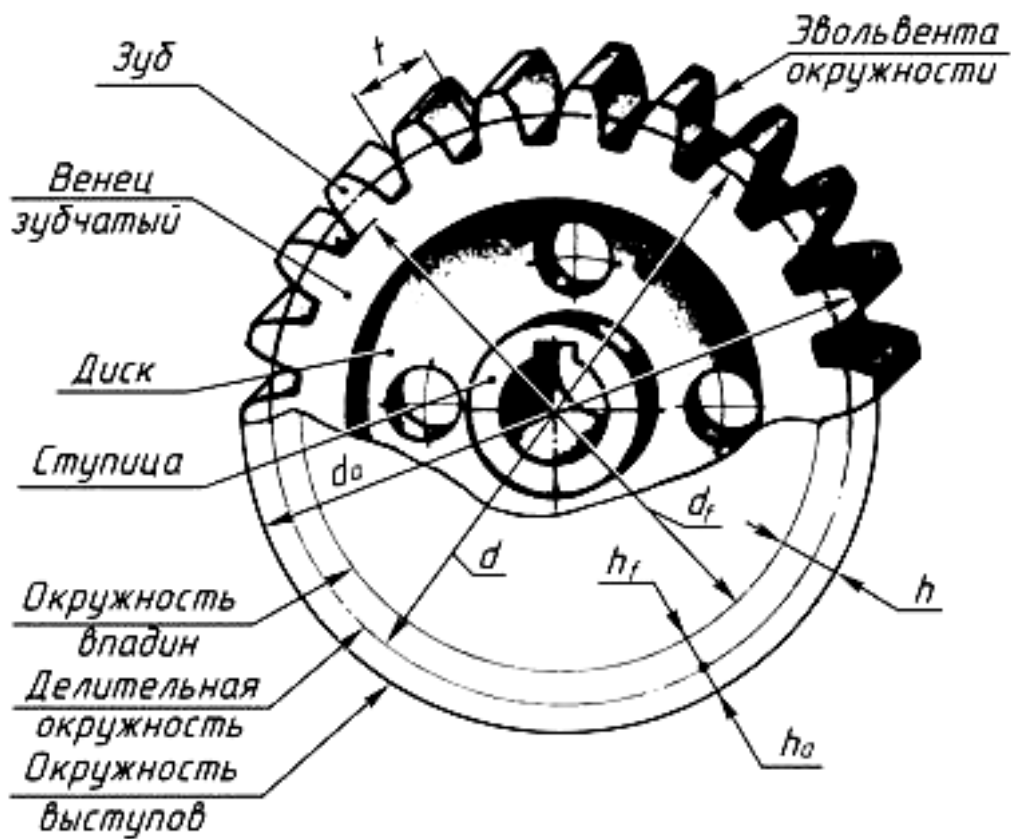
$$b_2 = \Psi_{вa} * a; \quad \Psi_{вa} = 0,4$$

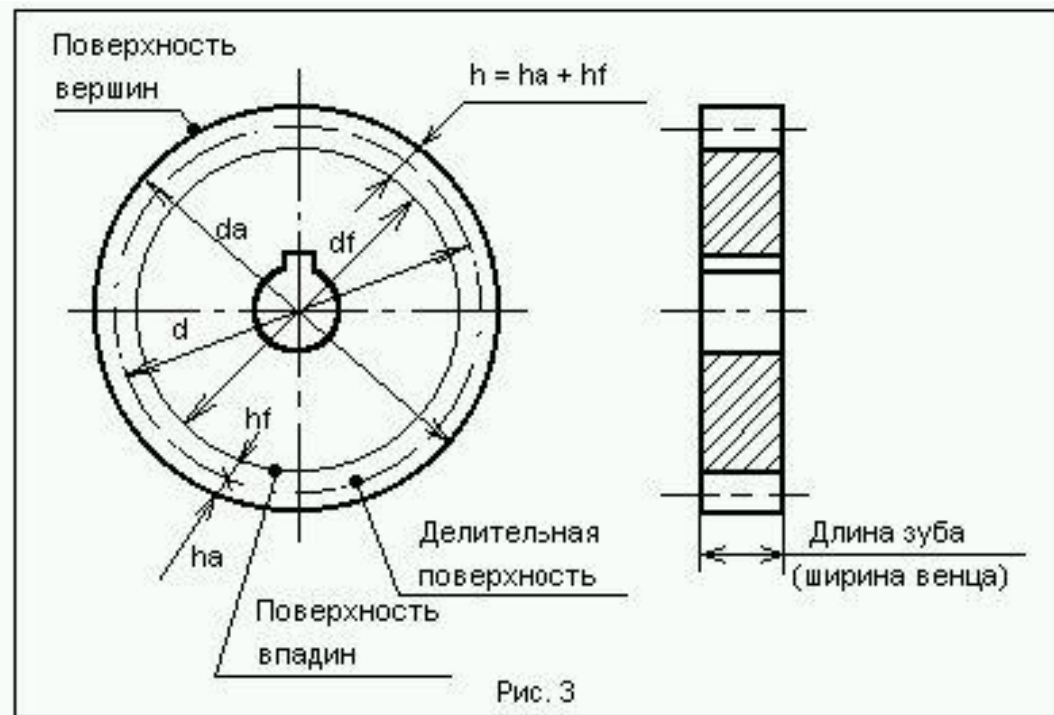
Ширина венца шестерни

$$b_1 = b_2 + 5$$

д) Окружная скорость зубчатых колес

$$v = \omega_1 * \frac{d_1}{2}$$





10. Силы, действующие в зацеплении

$$F_m = 2 * T_1 / d_1$$

11. КПД зацепления

$$\eta = \eta_3 * \eta_h^2 * \eta_m$$

Коэффициент ширины колеса $\Psi_{ва}$

$\Psi_{ва}$: 0,1; 0,125; 0,16; 0,2; 0,25; 0,4; 0,5; 0,63; 0,8; 1,0; 1,25.

КПД одноступенчатой зубчатой передачи.

$$\eta = \eta_3 * \eta_h^2 * \eta_m$$

η_3 – потери в зацеплении

Закрытые передачи $\eta_3 = 0,96...0,98$



Открытые передачи $\eta_3 = 0,95...0,96$

η_n – потери в одной паре подшипников.

Подшипник качения $\eta_3 = 0,99...0,995$

Подшипник скольжения $\eta_3 = 0,96...0,98$

Потери на разбрызгивание масла $\eta_3 = 0,98...0,99$

12. Предварительный расчет валов

Проекторный расчет производится только на кручение, причем для компенсации напряжения изгиба и других неучтенных факторов принимают значительно пониженные значения допускаемых напряжений кручения, например для выходных участков валов редукторов

$$[\tau_k] = (0,025...0,03) \cdot \sigma_B,$$

σ_B – Временное сопротивление материала вала

Материал	Временное сопротивление σ_B , МПа	Допускаемые напряжения, МПа	
		$[\sigma_n]$	$[\sigma_{-1n}]$
Углеродистая сталь	400	130	40
	500	170	45
	600	200	55
	700	230	65
Легированная сталь	800	270	75
	1000	330	90

Диаметр вала определяется из условий прочности:

$$\tau_k = M_k / (0,2d^3) \leq [\tau_k] \quad \text{откуда}$$

$$d \geq \sqrt[3]{M_k / (0,2 * [\tau_k])}$$

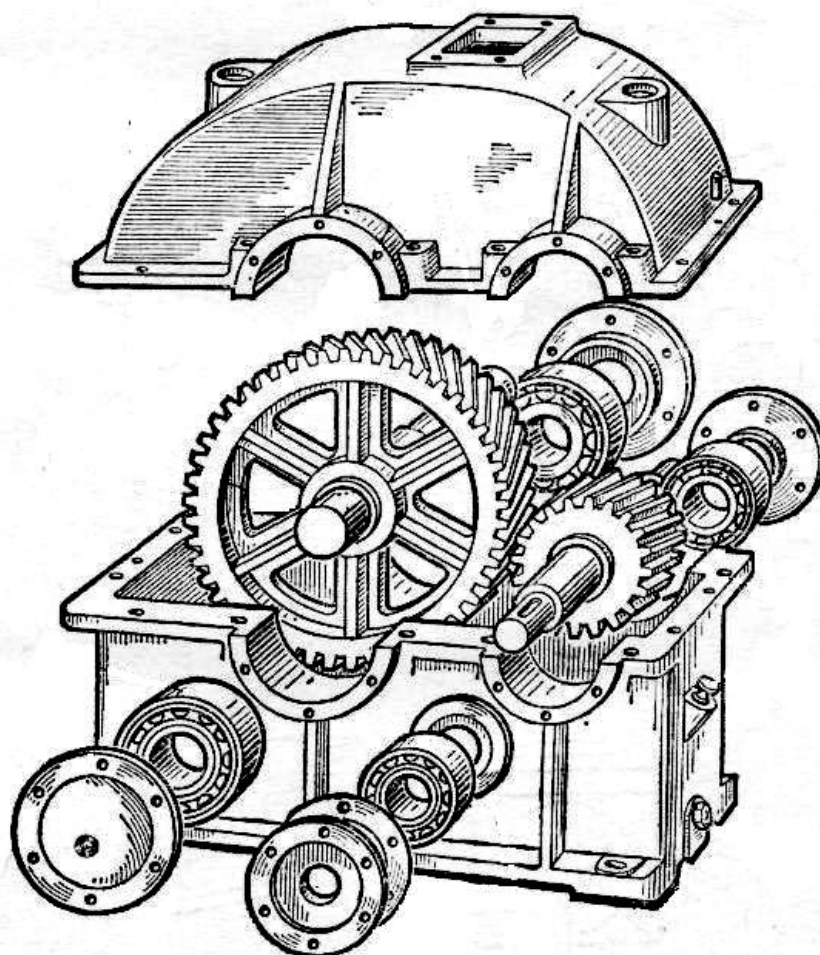
Стандартные значения диаметров вала по ГОСТу

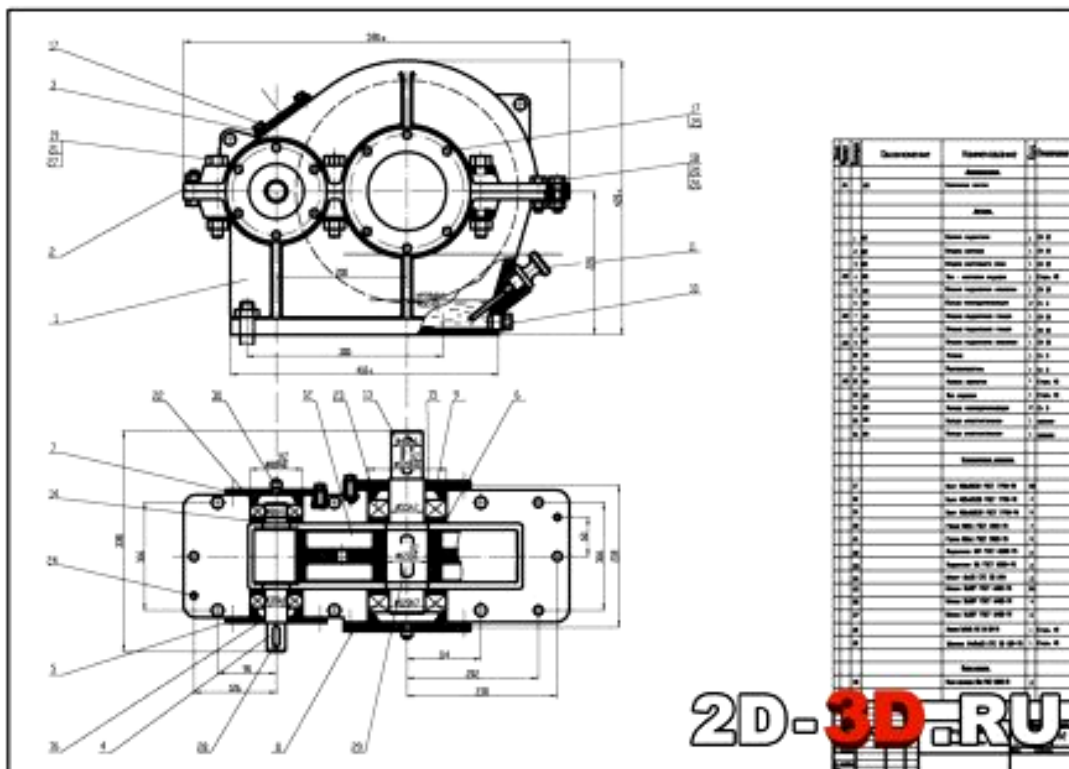
16,17,18,19,20,21,22,24,25,26,28,30,32,34,36,40,42,45,48,50,53,56,60,63,67,71,
75,80,85,90,95,100.

Допускаются размеры по требованию промышленности исходя из размеров подшипников.

35,55,65,70 мм

Устройство редуктора





Варианты заданий

Приложение 1

Вар. №.	P_2	ω_2	u	L_h	Примечания. Материал
1	15	25	2	1000	Сталь 45 ГОСТ 1050-88
2	10	20	3	2000	Сталь 45 ГОСТ 1050-88
3	40	32	4	1500	Сталь 45 ГОСТ 1050-88
4	25	18	4	2500	Сталь 45 ГОСТ 1050-88
5	15	22	3	1500	Сталь 45 ГОСТ 1050-88
6	45	30	3	1000	Сталь 45 ГОСТ 1050-88
7	20	28	3,5	2000	Сталь 45 ГОСТ 1050-88

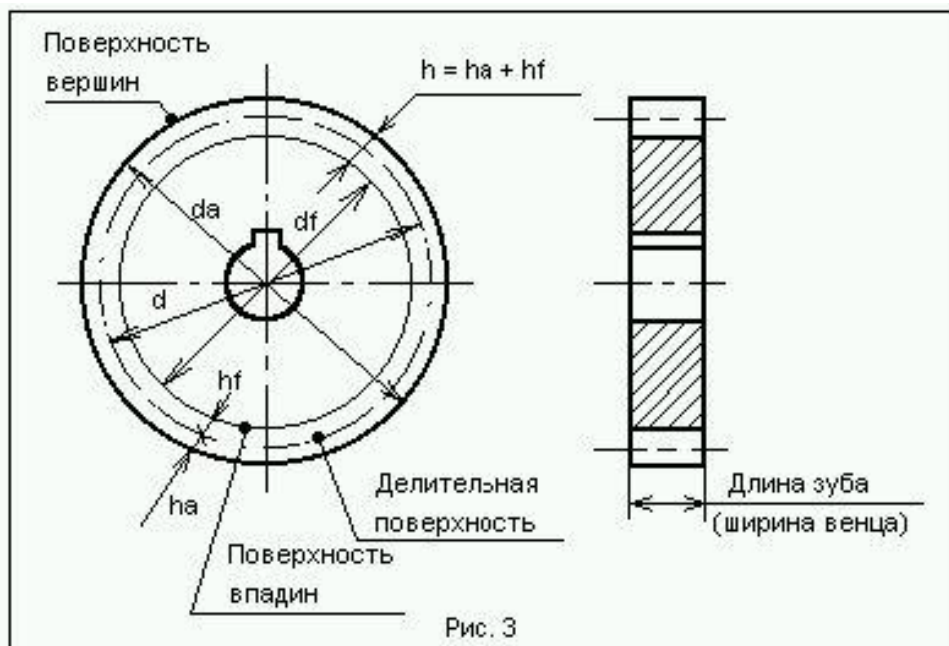
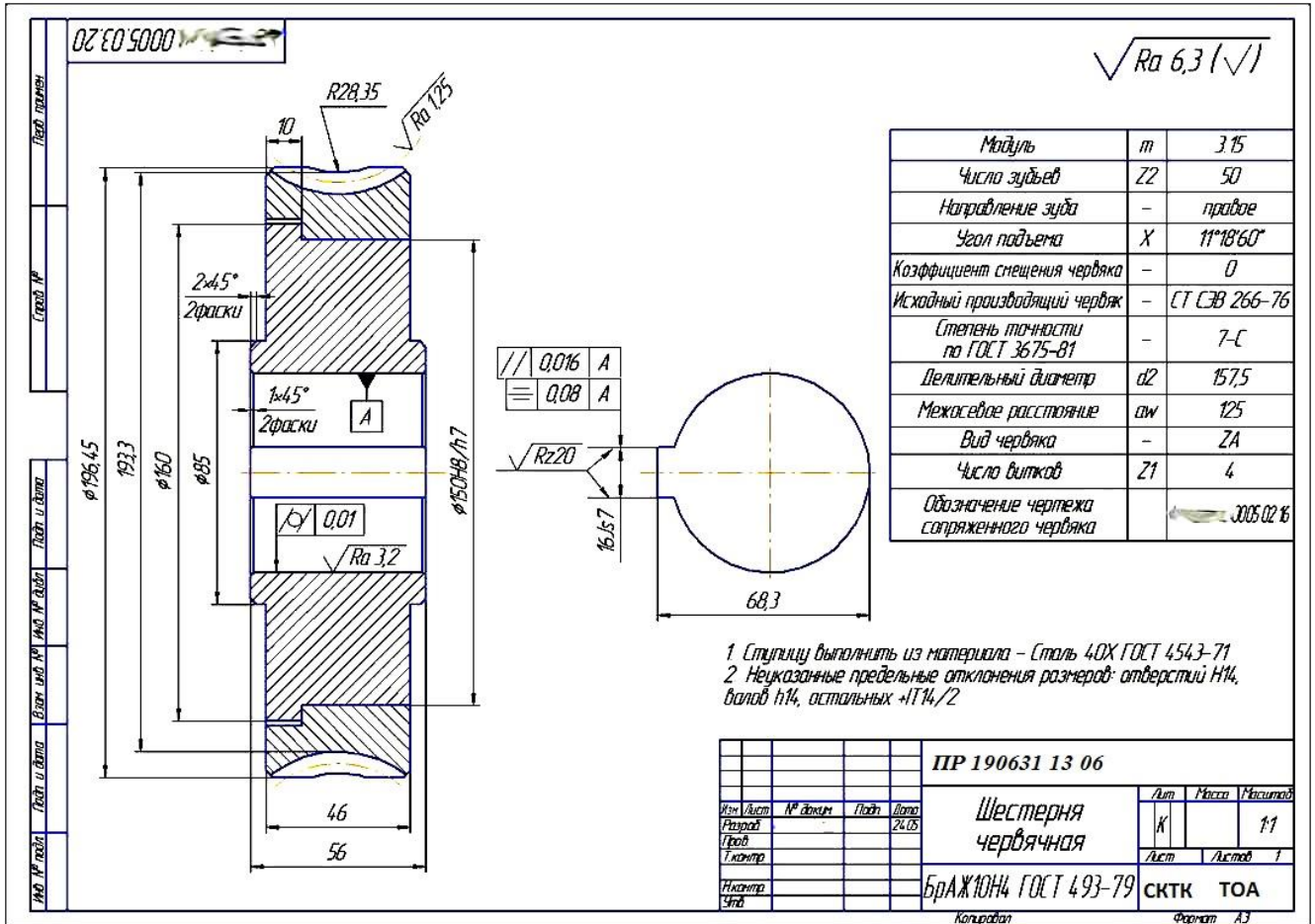


8	10	15	2	1500	Сталь 45 ГОСТ 1050-88
9	12	20	4	2500	Сталь 45 ГОСТ 1050-88
10	22	15	4	1500	Сталь 45 ГОСТ 1050-88
11	18	28	2	2000	Сталь 45 ГОСТ 1050-88
12	15	20	3	2200	Сталь 45 ГОСТ 1050-88
13	16	10	4	1800	Сталь 45 ГОСТ 1050-88
14	30	25	4	1000	Сталь 45 ГОСТ 1050-88
15	24	30	2	1400	Сталь 45 ГОСТ 1050-88
16	20	32	3	1000	Сталь 45 ГОСТ 1050-88
17	10	20	1,5	2000	Сталь 45 ГОСТ 1050-88
18	15	20	4	1000	Сталь 45 ГОСТ 1050-88
19	10	25	3	1500	Сталь 45 ГОСТ 1050-88
20	40	25	2	2000	Сталь 45 ГОСТ 1050-88
21	25	15	3	2500	Сталь 45 ГОСТ 1050-88
22	15	25	2,5	2000	Сталь 45 ГОСТ 1050-88
23	45	25	4	1000	Сталь 45 ГОСТ 1050-88
24	20	15	3	1000	Сталь 45 ГОСТ 1050-88
25	10	15	2	1500	Сталь 45 ГОСТ 1050-88



26	12	20	1,5	2000	Сталь 45 ГОСТ 1050-88
27	22	28	2	2500	Сталь 45 ГОСТ 1050-88
28	16	25	4	1000	Сталь 45 ГОСТ 1050-88
29	20	30	3	1000	Сталь 45 ГОСТ 1050-88
30	15	32	3	3000	Сталь 45 ГОСТ 1050-88

Приложение 1





ИНФОРМАЦИОННЫЙ ИСТОЧНИК

Основные источники

1. Эрдеди, А.А. Эрдеди Н.А. Техническая механика. Сопротивление материалов. - М.: Высшая школа, 2019.
2. Олофинская В.П. Техническая механика. Курс лекций с вариантами практических и тестовых заданий.- М.: ФОРУМ ИНФО, 2019.
3. Олофинская В.П. Детали машин. Краткий курс и тестовые задания.- М.: ИНФРА-М ФОРУМ ,2020.

Дополнительные источники

1. «Сопротивление материалов с решением задач в Mathcad.» - полный курс сопротивления материалов, электронная книга с 50 примерами решения задач.
2. Тестовые задания с электронным контролем по теме «Изгиб» для выполнения контрольной или самостоятельной работы.
3. Интернет ресурсы: Интернет ресурсы: <http://technical-mechanics.narod.ru/doc20501.htm>