ОПД.Ф.02.04 ДЕТАЛИ МАШИН
КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ДЕТАЛЕЙ МАШИН
Учебное пособие

Рассмотрена методика курсового проектирования деталей машин. Приведены задания и алгоритм расчета открытых передач и одноступенчатых цилиндрических, конических, червячных редукторов. Показан порядок выполнения и примеры сборочных чертежей в графическом редакторе КОМПАС - 3*D V*9.

Учебное пособие предназначено для студентов высших технических учебных заведений механических специальностей.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение
1 Содержание курсового проекта
2 Технические задания на курсовой проект
3 Проектирование привода с одноступенчатым зубчатым цилиндрическим редуктором
3.1 Выбор электродвигателя. Кинематический и силовой расчёт привода
3.2 Расчёт редукторной передачи
3.3 Расчёт открытых передач
3.3.1 Расчёт цепной передачи
3.3.2 Расчёт ремённой передачи
3.3.3 Расчёт зубчатой цилиндрической передачи
3.4 Нагрузка валов редуктора
3.5 Проектный расчёт валов. Эскизная компоновка редуктора
3.6 Определение опорных реакций. Построение эпюр моментов. Проверочный расчет подшипников
3.7 Конструктивная компоновка привода
3.8 Смазывание редуктора
3.9 Выбор муфты
3.10 Расчёт шпоночных соединений
3.11 Уточнённый расчёт валов
3.12 Сборка редуктора
3.13 Разработка сборочного чертежа редуктора
3.14 Разработка чертежа общего вида привода
3.15 Разработка рабочих чертежей деталей
3.16 Спецификации
4 Проектирование привода с одноступенчатым зубчатым коническим редуктором
4.1 Выбор электродвигателя. Кинематический и силовой расчёт привода
4.2 Расчёт редукторной передачи
4.3 Расчёт открытых передач

4.4 Нагрузка валов редуктора
4.5 Проектный расчёт валов. Эскизная компоновка редуктора
4.6 Определение опорных реакций. Построение эпюр моментов. Проверочный расчёт подшипников
4.7 Конструктивная компоновка привода
4.8 Смазывание редуктора
4.9 Выбор муфты
4.10 Расчёт шпоночных соединений
4.11 Уточнённый расчёт валов
4.12 Сборка редуктора
4.13 Разработка сборочного чертежа редуктора, чертежа общего вида привода, рабочих чертежей деталей и спецификаций
5 Проектирование привода с одноступенчатым червячным редуктором
5.1 Выбор электродвигателя. Кинематический и силовой расчёт привода
5.2 Расчёт редукторной передачи
5.3 Расчёт открытых передач
5.4 Нагрузка валов редуктора
5.5 Проектный расчёт валов. Эскизная компоновка редуктора
5.6 Определение опорных реакций. Построение эпюр моментов. Проверочный расчёт подшипников
5.7 Конструктивная компоновка привода
5.8 Тепловой расчёт редуктора
5.9 Смазывание редуктора
5.10 Выбор муфты
5.11 Расчёт шпоночных соединений
5.12 Уточнённый расчёт валов
5.13 Сборка редуктора
5.14 Разработка сборочного чертежа редуктора, чертежа общего вида привода, рабочих чертежей деталей и спецификаций
6 Построение чертежей приводов с зубчатым редуктором в системе КОМПАС – 3*D V*9

6.1 Основные элементы интерфейса КОМПАС – 3*D V*9
6.2 Построение сборочного чертежа цилиндрического редуктора (вид сверху без крышки)
6.3 Построение сборочного чертежа червячного редуктора (главный вид)
6.4 Построение сборочного чертежа конического редуктора (вид сверху без крышки)
6.5 Создание спецификации
7 Библиографический список
8 Приложение

ВВЕДЕНИЕ

Курсовой проект по дисциплине «Детали машин и основы конструирования» является самостоятельной инженерной работой студентов. Концентрация курса деталей машин в учебных планах в одном семестре и отсутствие у студентов практического навыка в проектировании затрудняют выполнение курсового проекта в срок.

В данном учебном пособии рассматриваются приёмы проектирования приводов общего назначения с одноступенчатым зубчатым редуктором (цилиндрическим, коническим и червячным). Знакомство на этих приёмах с принципами, правилами и приёмами проектирования облегчает студентам приобретение практического навыка в проектировании и способствует успешному выполнению курсового проекта.

В учебном пособии приведены задания к курсовому проекту по дисциплине «Детали машин и основы конструирования», предназначенные для студентов немеханических специальностей и заочной формы обучения, и все необходимые материалы для их выполнения. В то же время, данное пособие предполагает проработку студентами разделов теоретического курса по учебникам и использование других учебных пособий для ответов на отдельные вопросы, которые могут возникнуть в процессе проектирования.

Значительная часть времени, отведённого на выполнение курсового проекта, расходуется на оформление конструкторской документации. Применение системы КОМПАС – *3D V*9 позволяет сохранить сроки и повысить качество оформления конструкторской документации. В учебном пособии изложен порядок построения электронных сборочных чертежей цилиндрического, червячного и конического зубчатых редукторов и спецификации в системе КОМПАС – *3D V*9. Приведены приёмы оформления чертежей общего вида привода, сборочных чертежей и рабочих чертежей деталей различных типов зубчатых редукторов.

1. СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Курсовой проект по дисциплине «Детали машин и основы конструирования» состоит из графической части, которая оформляется на 4 листах формата А1 (594?840) и расчётно-пояснительной записки.

Лист 1-2 – сборочный чертёж редуктора (СБ), выполняемый в двух проекциях (каждая проекция на отдельном листе). Сборочный чертёж должен выполняться в соответствии с ГОСТ 2.109-73 и содержать необходимые виды, разрезы и сечения, дающие полное представление об устройстве, взаимодействии составляющих частей редуктора, сборке и регулировке.

Лист 3 – чертёж общего вида привода (ВО), содержащий фронтальную проекцию приводного устройства, состоящего из двигателя, муфты (ременной передачи) и редуктора, установленных на раме (плите), и разметку отверстий на раме под болты для крепления на ней редуктора и двигателя и её к фундаменту.

Лист 4 – два рабочих чертежа форматом А2 (594?420) деталей редуктора (вал, зубчатое или червячное колесо, крышка подшипника и т.д.)

Каждой сборочной единице, детали и их чертежам присваиваются обозначения, состоящие из 4 групп знаков (например, ТУМ – 2.10.05.100СБ):

1. Разработчик – ТУМ (буквенный индекс кафедры «Механика» Самарского государственного технического университета);

2. Принадлежность проекта соответствующему курсу: 1 – «Теория механизмов и машин»; 2 – «Детали машин и основы конструирования»;

3. Подкласс и группа – 10.05. где 10 – номер задания; 05 – помер варианта;

4. Регистрационный порядковый номер – 100, где первая цифра слева соответствует порядковому номеру сборочного или иного чертежа, вторая и третья – номеру позиции сборочной единицы или детали;

5. Шифр чертежа: СБ – сборочного, ВО – общего вида.

Расчётно-пояснительная записка оформляется на бумаге формата А4 (210?297). Слева оставляют поля – 30 мм, справа – 10 мм, сверху и снизу – 15 мм. Страницы нумеруются в нижнем правом углу. Пояснительная записка должна иметь следующую структуру:

1. Техническое задание.
2. Эскизный проект.
2.1. Выбор двигателя. Кинематический и силовой расчёт привода.
2.2. Расчёт редукторной передачи.
2.3. Расчёт открытой передачи.
2.4. Нагрузка валов редуктора.
2.5. Проектный расчёт валов. Эскизная компоновка редуктора (на листе миллиметровой бумаги формата А1).
2.6. Определение опорных реакций. Построение эпюр моментов. Проверочный расчет подшипников.
3. Технический проект.
3.1. Конструктивная компоновка привода (на листе миллиметровой бумаги формата А1).
3.2. Тепловой расчёт редуктора (для червячного редуктора).
3.3. Смазывание.
3.4. Выбор муфты.
3.5. Расчёт шпоночных соединений.
3.6. Уточнённый расчёт валов.
3.7. Сборка редуктора.
4. Рабочая документация.
4.1. Разработка сборочного чертежа редуктора.
4.2. Разработка чертежа общего вида привода.
4.3. Разработка общих чертежей деталей.
4.4. Спецификации.
5. Список литературы.
6. Оглавление.

В конце записки помещаются спецификации к сборочному чертежу редуктора и чертежу общего вида привода, которые

2 ТЕХНИЧЕСКИЕ ЗАДАНИЯ НА КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

В технических заданиях предлагается построить привод общего назначения. Рекомендуемые схемы привода приведены на рис. 2.1.

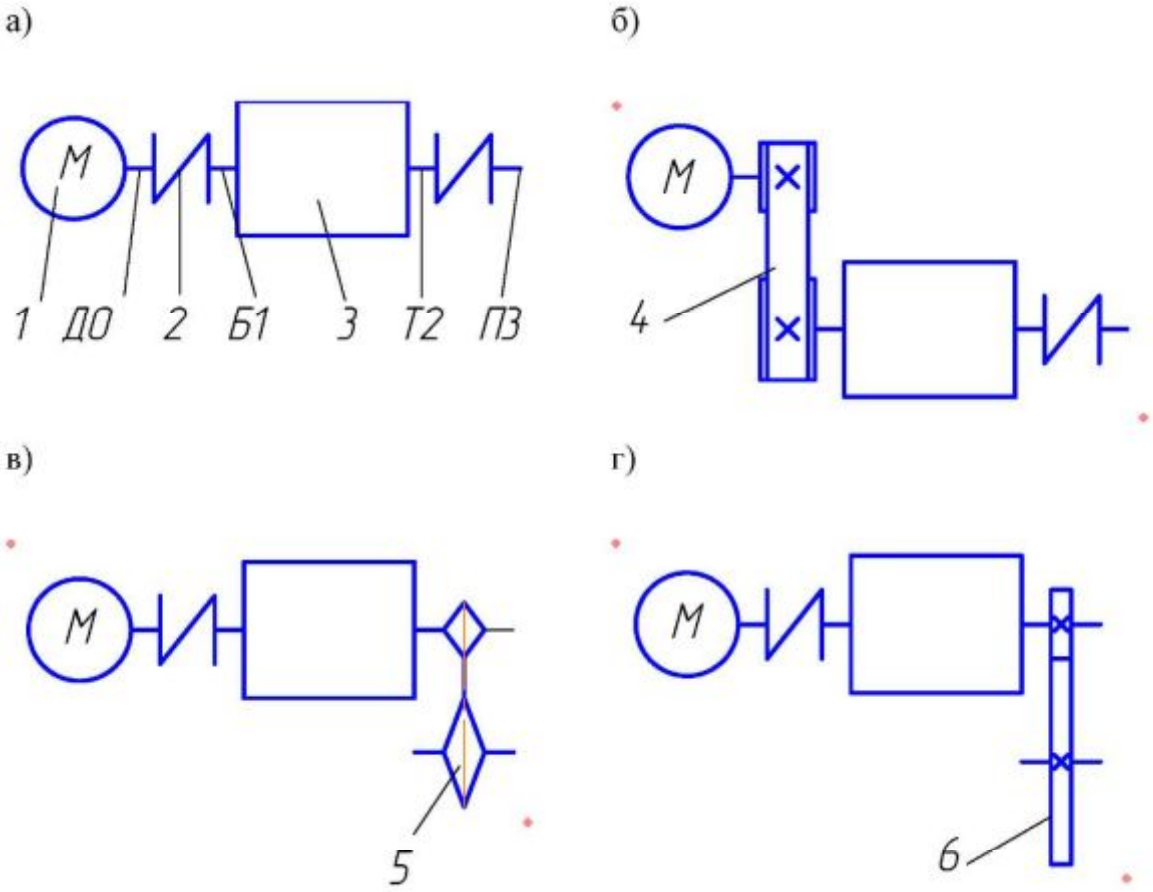


Рис.2.1. Схемы привода: 1 – Электродвигатель; 2 – упругая муфта; 3 – одноступенчатый зубчатый редуктор; 4 – ременная передача; 5 – цепная передача; 6 – цилиндрическая открытая зубчатая передача; ДО – вал электродвигателя; Б1 – быстроходный вал редуктора; Т2 – тихоходный вал редуктора; П3 – приводной вал рабочей машины.

Исходными данными для проектирования привода могут быть: мощность на тихоходном валу редуктора (приводном валу рабочей машины) $P_{вых}$, кВт; угловая скорость на тихоходном валу редуктора (приводном валу рабочей машины) $\omega_{вых}$, $с^{-?}$; требуемое межосевое расстояние $[a_и]$, мм; требуемый внешний делительный диаметр конического колеса $[d_{c2}]$, мм; синхронная частота вращения электродвигателя n_c, $мин^{-?}$; редуктор нереверсивный, предназначенный для длительной эксплуатации; нагрузка постоянная; тип производства для редуктора – крупносерийное, для рамы – единичное.

Для проработки разделов теоретического курса рекомендуется пользоваться учебниками [1] … [5]. Для ответов на отдельные вопросы, которые могут возникнуть в процессе проектирования, рекомендуется использовать учебные пособия [6] … [16].

Техническое задание №1

На курсовой проект по деталям машин

Студенту(ке)_____факультет_____курс_____группа_____

Спроектировать привод общего назначения.

Схемы привода:

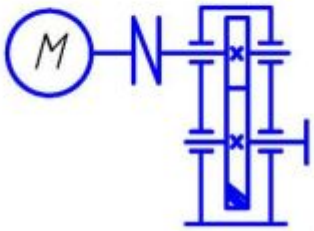


Схема 1.

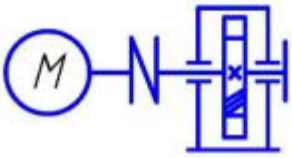


Схема 2.

Исходные данные:

Варианты	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$P_{вых}$, кВт	3,7	5,17	10	17	19	23	25,8	28	34,3	27,6	9	8
$\omega_{вых}$, 1/с	15,8	16,1	18,2	20,3	18,2	16,3	14,3	12,8	10,9	9,55	28,7	20,37
$[a_w]$, мм	125	140	160	180	200	225	250	280	315	315	125	140
n_c, 1/мин	1000								750		1000	
Схема	2									1		

14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
8,7	10,3	14	15,5	20,7	2,51	3,72	4,95	1,79	2,57	3,515	4,63
12,15	10,78	10,78	9,56	9,58	37,5	37,4	37,8	28,8	30	29,9	25,2
180	200	225	250	280	80	90	100	80	90	100	112
750					1500	1500	1500	1500	1500	1500	1000
1					1	1	1	2	2	2	1

Открытую передачу проектировать по согласованию с преподавателем (рис.2.1).

Нагрузка постоянная; срок службы 10 лет; коэффициент годового использования $K_г$=0,8; Коэффициент суточного использования $K_с$=0,3; тип производства для редуктора крупносерийное, для рамы единичное.

Дата выдачи задания _____

Срок сдачи проекта_____

Руководитель_____

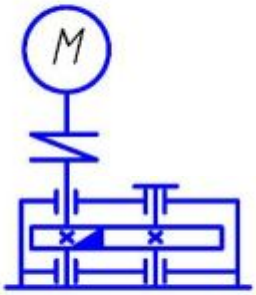
Техническое задание №2

На курсовой проект по деталям машин

Студенту(ке)_____факультет_____курс_____группа_____

Спроектировать привод общего назначения.

Схема привода:



Исходные данные:

Варианты	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$P_{вых}$, кВт	10,67	11,82	21,7	12,26	13,4	16	19,12	17,23	19,43	27,55
$\omega_{вых}$, 1/с	84,8	76,58	68,72	28,07	25,36	19,66	20,36	13,7	12,13	12,24
$[a_W]$, мм	80	100	125	140	160	180	200	225	250	280
n_c, 1/мин	1500	1500	1500	1000	1000	750	1000	750	750	750

Открытую передачу проектировать по согласованию с преподавателем (рис.2.1).

Нагрузка постоянная; срок службы 10 лет; коэффициент годового использования $K_г$=0,8; Коэффициент суточного использования $K_с$=0,3; тип производства для редуктора крупносерийное, для рамы единичное.

Дата выдачи задания _____

Срок сдачи проекта_____

Руководитель_____

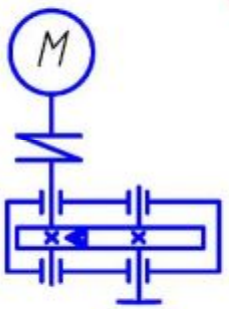
Техническое задание №3

На курсовой проект по деталям машин

Студенту(ке)_____факультет_____курс_____группа_____

Спроектировать привод общего назначения.

Схема привода:



Исходные данные:

Варианты	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$P_{вых}$, кВт	9,42	11,95	16,25	10,87	15,13	15,1	15,34	14,49	19,85	17,11
$\omega_{вых}$, 1/с	76,34	68,5	51,2	48,72	38,4	30,72	24,38	16,17	16,16	10,8
$[a_w]$, мм	80	90	112	100	125	140	160	180	200	225
n_c, 1/мин	1500							1000		750

Открытую передачу проектировать по согласованию с преподавателем (рис.2.1).

Нагрузка постоянная; срок службы 10 лет; коэффициент годового использования $K_г$=0,8; Коэффициент суточного использования $K_с$=0,3; тип производства для редуктора крупносерийное, для рамы единичное.

Дата выдачи задания _____

Срок сдачи проекта_____

Руководитель_____

Техническое задание №4

На курсовой проект по деталям машин

Студенту(ке)_____факультет_____курс_____группа_____

Спроектировать привод общего назначения.

Схемы привода:

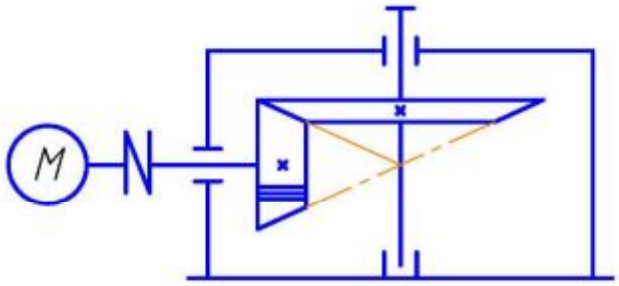


Схема 1

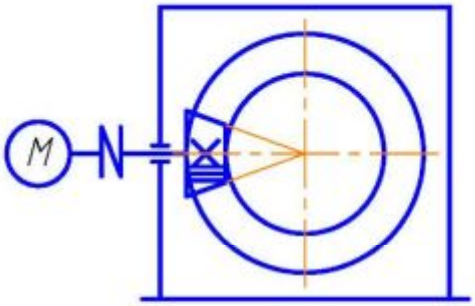


Схема 2

Исходные данные:

Варианты	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$P_{вых}$, кВт	0,77	1,1	1,66	2,37	3,27	4,7	6,46	9,12	13	18,6
$\omega_{вых}$, 1/с	30,6	31,1	31,5	31,7	31,5	32,1	32,2	32,3	32,4	32,3
$[d_{e2}]$, мм	125	140	160	180	200	225	250	280	315	355
n_c, 1/мин	1000									1500
Схема	1					2				2

Открытую передачу проектировать по согласованию с преподавателем (рис.2.1).

Нагрузка постоянная; срок службы 10 лет; коэффициент годового использования $K_г$=0,8; Коэффициент суточного использования K_c=0,3; тип производства для редуктора крупносерийное, для рамы единичное.

Дата выдачи задания _____

Срок сдачи проекта_____

Руководитель_____

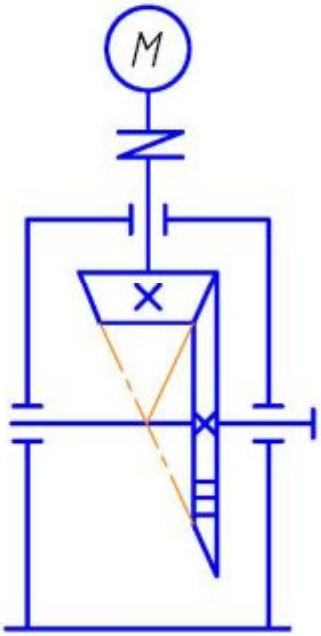
Техническое задание №5

На курсовой проект по деталям машин

Студенту(ке)_____факультет_____курс_____группа_____

Спроектировать привод общего назначения.

Схема привода:



Исходные данные:

Варианты	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$P_{вых}$, кВт	0,89	1,30	1,77	2,48	3,5	4,9	7,4	10,44	8,72	12,44
$n_{вых}$, 1/мин	105,1	107,5	107,4	107,4	108,5	108,4	109,6	109,6	86,46	86,64
$[a_W]$, мм	90	100	112	125	140	160	180	200	225	250
n_c, 1/мин	3000									

Открытую передачу проектировать по согласованию с преподавателем (рис.2.1).

Нагрузка постоянная; срок службы 10 лет; коэффициент годового использования $K_г$=0,8; Коэффициент суточного использования K_c=0,3; тип производства для редуктора крупносерийное, для рамы единичное.

Дата выдачи задания _____

Срок сдачи проекта_____

Руководитель_____

Техническое задание №6

На курсовой проект по деталям машин

Студенту(ке)_____факультет_____курс_____группа_____

Спроектировать привод общего назначения.

Схемы привода:

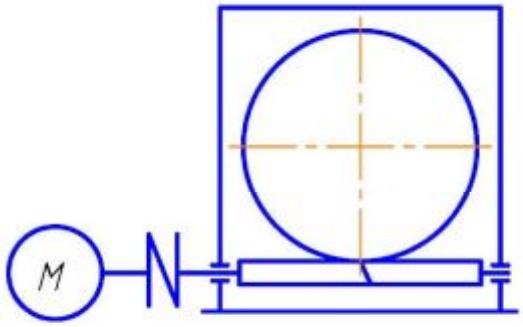


Схема 1

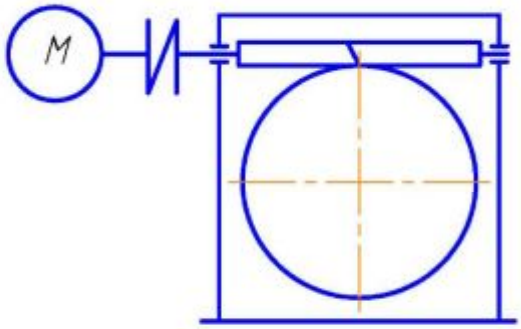


Схема 2

Исходные данные:

Варианты	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
$P_{вых}$, кВт	1,48	2,08	3,1	4,45	6,14	7,84	12,1	17	24,3	1,4	2,2
$\omega_{вых}$, 1/с	7,5	7,5	7,48	7,56	7,6	7,6	7,67	7,7	7,7	5,52	5,54
$[a_W]$, мм	125	140	160	180	200	225	250	280	315	125	140
n_c, 1/мин	1500									1000	
Схема	1						2				2

Открытую передачу проектировать по согласованию с преподавателем (рис.2.1).

Нагрузка постоянная; ресурс 20000 ч.; тип производства для редуктора крупносерийное, для рамы единичное.

Дата выдачи задания _____

Срок сдачи проекта_____

Руководитель_____

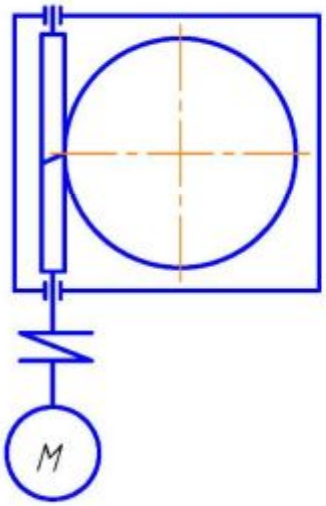
Техническое задание №7

На курсовой проект по деталям машин

Студенту(ке)_____факультет_____курс_____группа_____

Спроектировать привод общего назначения.

Схема привода:



Исходные данные:

Варианты	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
$P_{вых}$, кВт	1,378	2,94	2,27	3,67	6,1	7,33	9,53	14,3	14,9	8,42	14,9
$\omega_{вых}$, 1/с	37,58	38	15	15,2	19,2	17,05	15,38	17,1	12,3	6,1	6,16
n_c, 1/мин	3000									1500	
$[a_W]$, мм	80	100	125	140	160	180	200	225	250	280	315

Открытую передачу проектировать по согласованию с преподавателем (рис.2.1).

Нагрузка постоянная; ресурс 20000 ч.; тип производства для редуктора крупносерийное, для рамы единичное.

Дата выдачи задания _____

Срок сдачи проекта_____

Руководитель_____

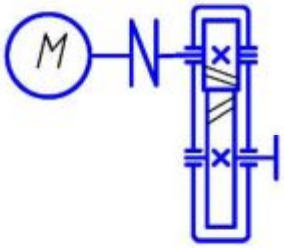
Техническое задание №8

На курсовой проект по деталям машин

Студенту(ке)_____факультет_____курс_____группа_____

Спроектировать привод общего назначения.

Схема привода:



Исходные данные:

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$P_{вых.}$, кВт	2.48	2.9	3.17	6.6	4.6	5.2	13.8	11.2	21.3	25.4
$\omega_{вых.}$, рад\с	12.7	10.15	8.12	11.3	6.4	5.1	9	5.6	7.2	6.4
a_W, мм	125	140	160	180	200	225	250	280	315	400
$U_{привода}$	8	10	12.5	9	10	12	8	10	12	10

Открытую передачу проектировать по согласованию с преподавателем (рис.2.1).

Нагрузка постоянная; срок службы 10 лет; коэффициент годового использования $K_г$=0,8; Коэффициент суточного использования $K_с$=0,4; тип производства для редуктора крупносерийное, для рамы единичное.

Дата выдачи задания _____

Срок сдачи проекта_____

Руководитель_____

Техническое задание №9

На курсовой проект по деталям машин

Студенту(ке)_____факультет_____курс_____группа_____

Спроектировать привод общего назначения. Тяговое усилие цепи F и скорость V на ведущей звездочке, шаг цепи t и число зубьев ведущей звездочки z даны в таблице.

Исходные данные:

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
F, кН	6	7	8	10	9	5	6.5	7.5	5.5	8.5
V, м/с	0.35	0.4	0.5	0.6	0.8	0.3	0.4	0.5	0.4	0.3
t, мм	100	125	80	80	125	100	100	80	80	100
z	8	10	8	10	8	10	8	12	11	10

Нагрузка постоянная; срок службы 10 лет; коэффициент годового использования $K_г$=0,8; Коэффициент суточного использования $K_с$=0,4; тип производства для редуктора крупносерийное, для рамы единичное.

Дата выдачи задания _____

Срок сдачи проекта_____

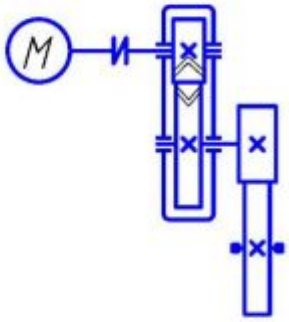
Руководитель_____

Техническое задание №10

На курсовой проект по деталям машин

Студенту(ке)_____факультет_____курс_____группа_____

Спроектировать привод общего назначения. Мощность $P_{вых}$, угловая скорость $\omega_{вых}$ на ведомом колесе открытой передачи приведены в таблице. Ресурс привода 20000 часов. Нагрузка постоянная и действует в одном направлении.



Исходные данные:

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$P_{вых}$, кВт	2.5	2.75	3	3.25	4	4.5	5	6	8	10
$\omega_{вых}$, рад/с	3.2	3.6	3.8	4	4.3	5	5.2	5.5	6	8

Тип производства для редуктора крупносерийное, для рамы единичное.

Дата выдачи задания _____

Срок сдачи проекта_____

Руководитель_____

3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРИВОДА С ОДНОСТУПЕНЧАТЫМ ЗУБЧАТЫМ ЦИЛИНДРИЧЕСКИМ РЕДУКТОРОМ

3.1. Выбор электродвигателя. Кинематический и силовой расчёт привода.

Общий к.п.д. привода (рис.2):

$\eta = \eta_м ? \eta_{ред} ? \eta_м$ – для схемы 1;

$\eta = \eta_{рсм} ? \eta_{рсд} ? \eta_м$ – для схемы 2;

$\eta = \eta_м ? \eta_{ред} ? \eta_{цеп}$ – для схемы 3;

$\eta = \eta_м ? \eta_{ред} ? \eta_{з.пер}$ – для схемы 4,

где $\eta_м = 0{,}98$ – к.п.д. муфты; $\eta_{рсд} = 0{,}97$ – к.п.д. редуктора (табл. П.1); $\eta_{рем} = 0{,}96$ – к.п.д. ременной передачи (табл. П.1); $\eta_{цеп} = 0{,}96$ – к.п.д. цепной передачи (табл. П.1).

Требуемая мощность электродвигателя, кВт:

$$P_{тр} = P_{вых}/\eta.$$

Выбираем асинхронный электродвигатель серии 4А с номинальной мощностью $P_{дв} \geq P_{тр}$ и заданной синхронной частотой вращения nc (табл. П2). Номинальная частота вращения вала двигателя, мин$^{-}$?:

$$\eta_{дв} = n_с\,(1 - s/100),$$

где s – относительное скольжение, %. Записываем условное обозначение выбранного двигателя.

Определяем расчётное передаточное число привода:

$$u_{пр.рас.} = n_{дв}/n_{вых},$$

где $n_{вых} = 30\omega_{вых}/\pi$ – частота вращения приводного вала рабочей машины, мин$^{-}$?.

Частные передаточные числа передач, входящих в привод:

для схемы 1 номинальное передаточное число редуктора $u_{ред}$ равно $u_{пр.рас.}$, округлённому до ближайшего стандартного значения (табл. П.3);

для схемы 2,3,4 номинальное передаточное число открытой передачи (зубчатой, цепной, ременной) $u_{от.\ пер.} = u_{пр.\ рас.}/u_{ред}$, где $u_{ред}$ выбирается из числа возможных стандартных значений частных передаточных чисел для зубчатого редуктора (табл. П1 и П.3).

Передаточное число $u_{от.пер.}$ должно находиться в пределах возможных значений (табл.П.1).

Частоты вращения и угловые скорости валов:

- для всех схем привода (рис.2) на валу электродвигателя $n_о = n_{дв}$, $\omega_о = \pi n_о/30$,

- для схемы 1 на быстроходном валу редуктора $n_1 = n_о$, $\omega_1 = \pi n_1/30$; на тихоходном валу редуктора $n_2 = n_1/u_{ред}$, $\omega_2 = \pi n_2/30$; на приводном валу рабочей машины $n_3 = n_2$, $\omega_3 = \pi n_3/30$;

- для схемы 2 $n_1 = n_о/u_{от.пер}$, $\omega_1 = \pi n_1/30$; $n_2 = n_1/u_{ред}$, $\omega_2 = \pi n_2/30$; $n_3 = n_2$, $\omega_3 = \pi n_3/30$;

- для схемы 3 и 4 $n_1 = n_о$, $\omega_1 = \pi n_1/30$; $n_2 = n_1/u_{ред}$, $\omega_2 = \pi n_2/30$; n_3=n2/$u_{от.пер}$, $\omega_3 = \pi n_3/30$.

Мощности, Вт и вращающие моменты, Н? м:

- для всех схем привода на валу электродвигателя:

$$P_о = P_{тр},\ T_о = P_о/\omega_о;$$

- для схемы 1 на быстроходном валу редуктора:

$$T_1 = P_о ?\ \eta_м,\ T_1 = P_1/\omega_1;$$

На тихоходном валу редуктора:

$$P_2 = P_1 ?\ \eta_{ред},\ T_2 = P_2/\omega_2;$$

На приводном валу рабочей машины:

$$P_3 = P_2 ?\ \eta_м,\ T_3 = P_3/\omega_3;$$

- для схемы 2:

$$P_1 = P_о ?\ \eta_{рем},\ T_1 = P_1/\omega_1;$$
$$P_2 = P_1 ?\ \eta_{ред},\ T_2 = P_2/\omega_2;$$
$$P_3 = P_2 ?\ \eta_м,\ T_3 = P_3/\omega_3;$$

- для схемы 3:

$$P_1 = P_о ?\ \eta_м,\ T_1 = P_1/\omega_1,$$
$$P_2 = P_1 ?\ \eta_{ред},\ T_2 = P_2/\omega_2,$$
$$P_3 = P_2 ?\ \eta_{цеп},\ T_3 = P_3/\omega_3;$$

- для схемы 4:

$$P_1 = P_о ?\ \eta_м,\ T_1 = P_1/\omega_1,$$
$$P_2 = P_1 ?\ \eta_{ред},\ T_2 = P_2/\omega_2,$$
$$P_3 = P_2 ?\ \eta_{з.\ пер},\ T_3 = P_3/\omega_3.$$

Результаты кинематического и силового расчёта привода заносятся в табл. 3.1.

Таблица 3.1.

Значение кинематических с силовых параметров на валу

№ вала	n, мин-?	ω, с-?	P, Вт	T, Н?м

3.2. Расчёт редукторной передачи.

На основании требований технического задания и результатов кинематического и силового расчёта привода определяем исходные данные для расчёта передачи (табл.3.2).

Таблица 3.2.

Данные для расчёта редукторной передачи

Наименование	Размерность	Обозначение	Величина
Крутящий момент на колесе	Н?м	T_2	
Частота вращения колеса	мин-?	n_2	
Передаточное число		$u_{ред}$	
Тип передачи(реверсивная или нереверсивная, открытая или закрытая, прямозубая или косозубая)			
Срок службы передачи	год	$L_Г$	
Коэффициент использования передачи в течение года		$K_Г$	
Коэффициент использования передачи в течение суток		K_c	

Предварительно выбираем материал со средними механическими характеристиками (табл. П4): для шестерни – сталь 40Х, термическая обработка – улучшение, твёрдость *НВ* 269…302: для колеса – сталь 40Х, термическая обработка – улучшение, твёрдость *НВ* 235…262.

Определяем допускаемые напряжения для шестерни и колеса (табл. П.5 и П.6), где k_{HL}=1, k_{FL}=1 для редуктора с длительной эксплуатацией; средняя твёрдость:

для шестерни $HB_{ср}$ = (269+302)/2,

для колеса $HB_{ср}$ = (235+256)/2.

Определяем межосевое расстояние a_W, мм; нормальный модуль m, мм; числа зубьев шестерни z_1 и колеса z_2; фактическое передаточное число редуктора $u_ф$ и окончательный угол наклона зубьев β, град. (табл. П.7).

Выполняем расчёт основных геометрических параметров передачи (табл. П.10).

Проверяем пригодность заготовок колёс (табл. П.11).

Проверяем передачу на контактную (табл. П.12.) и изгибную (табл. П.16) выносливость и на кратковременную перегрузку (табл. П.21).

3.3 Расчёт открытой передачи.

3.3.1. Расчёт цепной передачи.

Для расчёта цепной передачи (рис.2) рекомендуется выбрать роликовую однорядную цепь. Основные данные для расчёта цепи:

- вращающий момент на ведущей звёздочке T_2;
- частота вращения вала ведущей звёздочки n_2;
- передаточное число цепной передачи $u_{от.пер}$
- условия работы передачи.

Число зубьев ведущей звёздочки:

$$z_1 = 31\text{-}2u_{от.\ пер} \geq 9.$$

Число зубьев ведомой звёздочки:

$$z_2 = z_1 ?\, u_{от.пер} \leq 120$$

Желательно числа зубьев округлять до ближайшего нечётного числа.

Фактическое передаточное число передачи:

$$u_{ф.пер} = z_2/z_1.$$

Отклонение от номинального передаточного числа не должно превышать 5%.

Расчётный коэффициент нагрузки:

$$k_Э = k_д ? k_а ? k_о ? k_{рег} ? k_{см} ? k_{реж},$$

где $k_д$ - коэффициент динамической нагрузки: при постоянной (спокойной) нагрузке $k_д$ = 1; при переменной нагрузке $k_д$ = 1.2…1.5; при сильных ударах $k_д$ = 1.8;

$k_а$ – коэффициент учитывающий влияние межосевого расстояния; при оптимальном межосевом расстоянии (a = (30…50)t) $k_а$ = 1; при $a \leq 25t$ $k_а$ = 1.25;

$k_о$ – коэффициент, учитывающий влияние угла наклона: при $\theta \leq 60°$ $k_о$ = 1; при $\theta > 60°$ $k_о$ = 1.25, но при автоматическом регулировании натяжения цепи $k_о$ =1;

$k_{рег}$ – коэффициент, учитывающий способ регулирования натяжения цепи; при автоматическом – $k_{рег}$ = 1, при периодическом - $k_{рег}$ = 1.25;

$k_{см}$ = коэффициент учитывающий способ смазывания; при непрерывном смазывании $k_{см}$ = 0.8; при регулярном, капельном смазывании $k_{см}$ =1; при периодическом смазывании $k_{см}$ =1.5;

$k_{реж}$ – коэффициент сменности работы; при односменной работе $k_{рсж}$ = 1, при двусменной работе $k_{рсж}$ = 1.25.

Среднее значение допускаемого давления в шарнирах цепи в типовых условиях [p]1 принимаем ориентировочно по табл. П.24.

Допускаемое давление в шарнирах цепи в реальных условиях, МПа:

$$[p] = \frac{[p]_т}{k_Э}.$$

Шаг цепи, мм:

$$t \geq 2{,}8 \sqrt[3]{\frac{T_2}{z_1 \cdot [p]}}.$$

Выбираем цепь с ближайшим большим стандартным значение по табл. П.25 и записываем обозначение цепи.

Скорость цепи, м/с:

$$V_{ц} = \frac{z_1 \cdot t \cdot n_2}{60000}.$$

Окружная сила цепи, Н:

$$F_{tц} = \frac{P_2}{V_ц}.$$

Проверяем частоту вращения ведущей звёздочки n_2. мин⁻?:

$$n_2 \leq [n],$$

где $[n]$ – допускаемая частота вращения (табл. П.26).

Проверяем давление в шарнирах цепи p, МПа:

$$p = \frac{F_{tц}}{A_{оп}} \leq [p],$$

где $A_{оп}$ – площадь опорной поверхности шарнира, мм^2 (табл. П.25).

Усиление в цепи от её провисания, Н:

$$F_f = 9.81 k_f ? q ? a.$$

Где k_f – коэффициент провисания; k_f = 6 для горизонтальной передачи; k_f = 4 при угле наклона к горизонту θ≤40°; k_f = 2 при θ≥40°; k_f = 1 для вертикальной передачи; q – масса одного метра цепи (табл. П25.); a = (30…50)t – предварительное значение межосевого расстояния.

Усиление в цепи от центробежных сил, Н:

$$F_v = q ? V_ц ?.$$

Сила давления цепи на вал, Н:

$$F_в = F_{tц} + 2F_f.$$

Проверяем коэффициент запаса прочности цепи s :

$$s = \frac{Q}{k_Д F_{tц} + F_f + F_v} \geq [s],$$

где $[s]$ – нормативный коэффициент запаса прочности (табл. П.27).

Число звеньев цепи:

$$L = \frac{2a}{t} + \frac{z_1 + z_2}{2} + \frac{[(z_2 - z_1)/2\pi]^2 \cdot t}{a}.$$

Полученное значение L округляется до целого чётного числа.

Уточнённое межосевое расстояние цепной передачи. мм:

$$a_ц = 0{,}25t\left\{L - 0.5(z_1 + z_2) + \sqrt{[L - 0.5(z_1 + z_2)]^2 - 8[(z_2 - z_1)/2\pi]^2}\right\}.$$

Для свободного провисания цепи предусматриваем возможность уменьшения межосевого расстояния на 0,4%.

Размеры ведущей и ведомой звёздочек (рис.3) определяем по следующим формулам делительный диаметр, мм:

$$d_д = \frac{t}{\sin(180^o / z)},$$

где z – число зубьев соответствующей звёздочки.

Диаметр окружности выступов, мм:

$$D_с = t\left[ctg(180^o / z) + 0.7\right] - 0.31d_р,$$

где $d_р$ – диаметр ролика цепи (табл. П.25).

Диаметр окружности впадин, мм:

$$D_i = d_o - \left(d_p - 0.175\sqrt{d_o}\right).$$

Диаметр проточки, мм:

$$d_с = t \cdot ctg(180^o / z) - 1.3h,$$

где h – ширина пластины цепи (табл. П.25).

Ширина зуба звёздочки, мм:

$$b = 0{,}93B_{BH} - 0.15,$$

где $B_{ВН}$ - расстояние между двумя внутренними пластинами цепи (табл. П.25);

Толщина диска, мм:

$$C = 0{,}93B_{BH} + 2R.$$

Диаметр ступицы, мм:

$$d_{ст} = 1.6dв,$$

где $dв$ – диаметр вала в месте установки соответствующей звёздочки.

Длина ступицы, мм:

$$L_{ст} = (1{,}2...1{,}6)d_в .$$

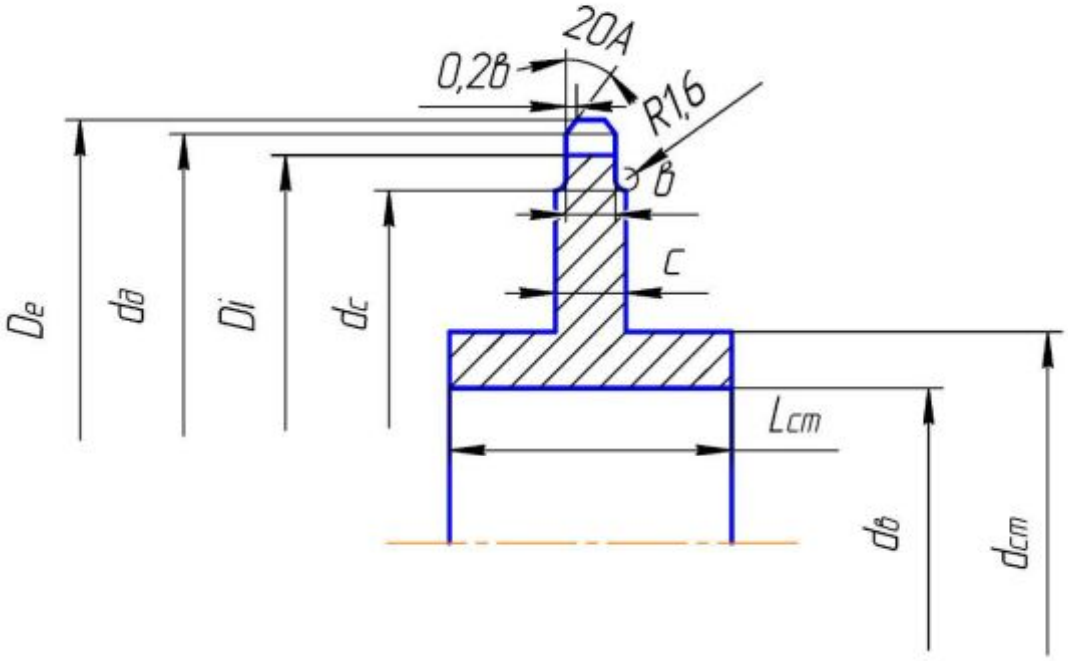


Рис. 3 Конструкция звёздочки

3.3.2. Расчёт ремённой передачи.

Для расчёта ремённой передачи (рис.2) рекомендуется выбрать клиноременную передачу. Основные данные:

- вращающий момент на валу ведущего шкива T_0,
- частота вращения вала ведущего шкива n_0,
- передаточное число ременной передачи $u_{от.\cdot пер.}$,
- условия работы передачи.

Выбираем тип сечения ремня и минимальный диаметр шкива D_{min} в зависимости от вращающего момента T_0, (табл. П.28).

Принимаем диаметр ведущего шкива D_1 на два порядка выше D_{min} из стандартного ряда (табл. П29).

Диаметр ведомого шкива, мм:

$$D_2 = u_{от.\cdot пер}\cdot(1 - \xi),$$

где ξ = 0,015 – коэффициент относительного скольжения. Полученное значение D_2 округляем до ближайшего стандартного значения.

Фактическое передаточное число:

$$u_{\text{от.}\cdot\text{пер}} = \frac{D_2}{D_1(1-\xi)}.$$

Отклонение от номинального передаточного числа не должно превышать 3%.

Принимаем ориентировочное значение межосевого расстояния a в интервале:

$$0{,}55(D_1+D_2)+h \le a \le 2(D_1+D_2),$$

где h – высота сечения ремня (табл. П.29).

Расчётная длина ремня, мм:

$$L = 2a+0.5\pi(D_1+D_2)+\frac{(D_2-D_1)^2}{4a}.$$

Полученное значение округляем до ближайшего стандартного значения (табл. П.30).

Фактическое межосевое расстояние, мм:

$$a = \frac{2L-\pi(D_1+D_2)+\sqrt{[2L-\pi(D_1+D_2)]^2-8(D_2-D_1)^2}}{8}.$$

При монтаже передачи необходимо обеспечить возможность уменьшения a на $0{,}01L$ для облегчения надевания ремня на шкивы и возможность увеличения a на $0{,}025L$, для увеличения натяжения ремня.

Угол обхвата меньшего шкива, град

$$\alpha_1 = 180^0\text{-}60^0\cdot\frac{D_2-D_1}{a}.$$

Скорость ремня, м/с:

$$V_{\text{р}} = \frac{\pi D_1 n_o}{60000}.$$

Определяем допускаемую мощность $[P]_{\text{Т}}$, передаваемую одним ремнём в типовых условиях (табл. П.31).

Допускаемая мощность, передаваемая одним ремнём в реальных условиях, кВт:

$$[P] = [P]_{\text{Т}}?\,C_a?\,C_L?\,C_{\text{р}}?\,C_z,$$

где C_a = 1-0,003(180°-α_1) – коэффициент, учитывающий влияние угла обхвата; C_L – коэффициент, учитывающий влияние длинны ремня (табл. П.32); $C_р$ – коэффициент режима работы: при спокойной (постоянной) нагрузке $C_р$ = 1, при умеренных колебания нагрузки $C_р$=0,9, при значительных колебания нагрузки $C_р$ = 0,8; C_z - коэффициент, учитывающий число ремней: при z = 1 C_z =1, z = 2…3 C_z = 0,95, z = 4…6 C_z =0,9, z>6 C_z = 0.085.

Число ремней в передаче:

$$z = P_0 / [P].$$

Рекомендуется $z \leq 8$.

Окружная сила, передаваемая ремнями, Н:

$$F_{t\,р} = \frac{P_o}{V_p}.$$

Натяжение ветви ремня, Н:

$$F_0 = \frac{0{,}85 F_{tp} C_L}{z C_\alpha C_p} + C_V V_р^{\,2}.$$

Где $C_р$ – коэффициент, учитывающий центробежную силу, Н·с^2/м^2; для сечения типа О C_V = 0.06; для сечения типа Б C_V = 0,18; для сечения типа В C_V = 0,3; для сечения Г C_V = 0,6; для сечения типа Д C_V = 0,9.

Рабочее натяжение ведущей ветви ремня, Н:

$$F_1 = F_0 + \frac{F_{tp}}{2z}.$$

Рабочее натяжение ведомой ветви ремня, Н:

$$F_2 = F_0 - \frac{F_{tp}}{2z}.$$

Сила давления на вал, Н:

$$F_В = 2F_0 z \cdot \sin\frac{\alpha_1}{2}.$$

Шкивы для клиноремённой передачи (рис.3.2) рекомендуется изготовлять литыми из чугуна СЧ15 или СЧ18, но при скорости $V_р$>30 м/с рекомендуется сталь 25Л или алюминиевые сплавы.

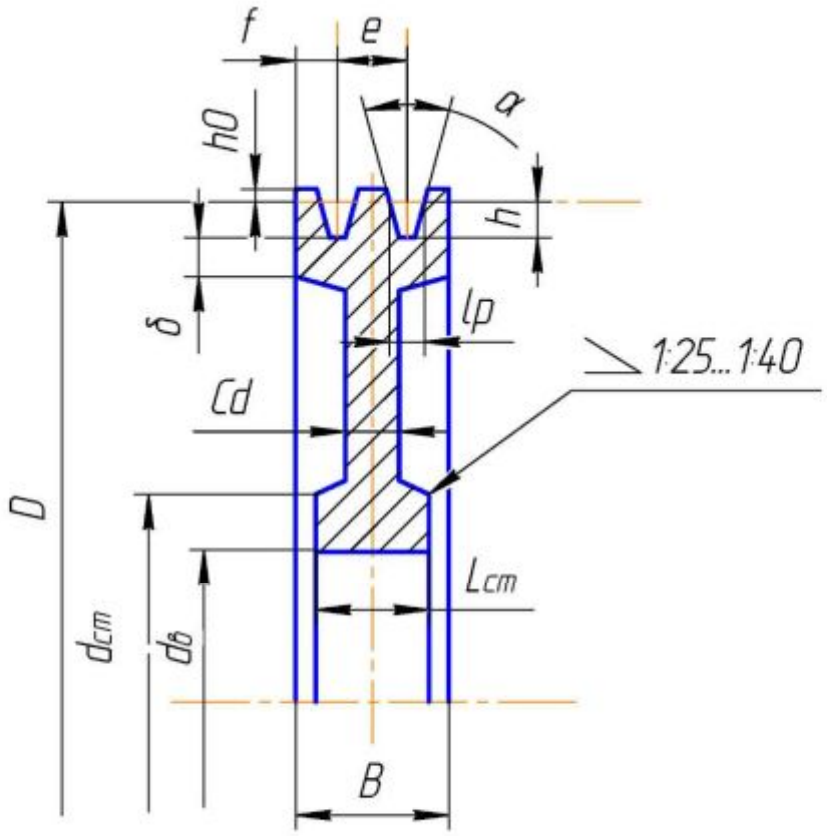


Рис.3.2. Конструкция шкива

Конструкцию обода шкива и размеры канавок (f, e, h, h_0 $l_р$, α) выбираем по табл. П.33.

Ширина обода шкива, мм:

$$B = (z - l)e + 2f .$$

Ширина обода у края δ, мм:

- для шкива из чугуна δ = (1,1…1,3)h;
- для шкива из стали δ = (0,88…1,04)h.

Толщина диска, мм: C_d=(1,2…1,3)δ.

Диаметр ступицы шкива, мм: $d_{см}$=(1,8…2)$d_в$,

где $d_в$ – диаметр вала в месте установки шкива.

Длина ступицы шкива, мм: $L_{ст}$=(1,5…2) $d_в$, но рекомендуется не больше ширины обода B.

3.3.3. Расчет зубчатой цилиндрической передачи.

Для расчета зубчатой цилиндрической передачи (рис.2) рекомендуется выбрать прямозубую передачу. На основании

требований технического задания и результатов кинематического и силового расчетов привода определяем исходные данные для расчета передачи (табл. 3.3).

Таблица 3.3.

Исходные данные для расчета

Наименование	Размерность	Обозначение	Величина
Крутящий момент на колесе	Н·м	$T_2=T_3$	
Частота вращения колеса	мин$^{-1}$	$n_2=n_3$	
Передаточное число		$u=u_{от.пер}$	
Тип передачи (реверсивная или нереверсивного, открытая или закрытая, прямозубая или косозубая)			
Срок службы передачи	Год	$L_{год}$	
Коэффициент использования передачи в течение года		$K_{Г}$	
Коэффициент использования передачи в течение суток		$K_{С}$	

Выбираем материал и вид термической обработки для шестерни и колеса (табл. П.40).

Определяем допускаемые напряжения для шестерни и колеса (табл. П.5 и П.6).

Определяем числа зубьев шестерни z_1и колеса z_2 и модуль m, мм (табл. П.22).

Выполняем расчет основных геометрических параметров передачи (табл. П.10).

Проверяем пригодность заготовок колес (табл. П.11).

Проверяем передачу на контактную (табл. П.12) и изгибную (табл. П.16) выносливость и на кратковременную перегрузку (табл. П.21).

3.4. Нагрузка валов редуктора.

На основании требований технического задания составляем схему сил в зацеплении редуктора (рис.3.3).

Силы в зацеплении:

окружная сила на шестерне и колесе, Н:

$$F_{t1}=F_{t2}=2T_2/d_2.$$

Радиальная сила на шестерне, Н:

$$F_{r1}=F_{r2}=F_{t2}\mathrm{tg}\alpha/\cos\beta.$$

Осевая сила на шестерне и колесе, Н:

$$F_{a1}=F_{a2}=F_{t2}tg\alpha,$$

где d_2- делительный диаметр колеса; β – угол наклона зуба; α=20 – угол зацепления.

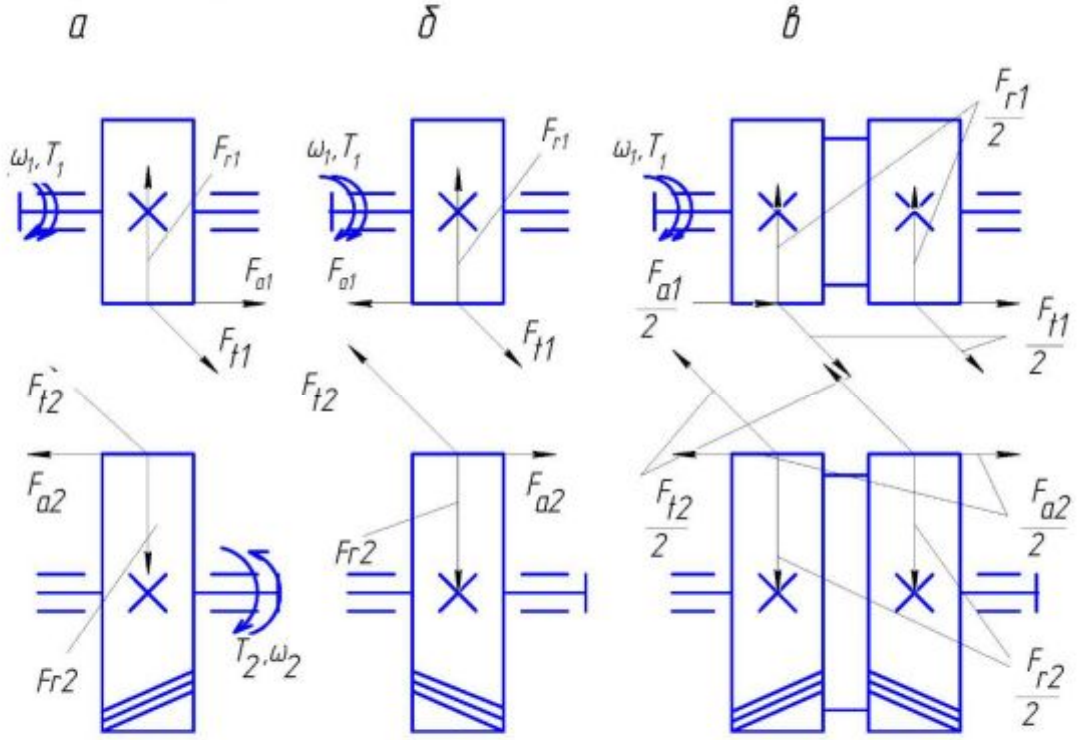


Рис.3.3. Схема сил в зацеплении цилиндрической передачи:
а – косозубый редуктор, направление линии зуба колеса – левое, шестерни – правое; б - косозубый редуктор, направление линии зуба колеса – правое, шестерни – левое; в – шевронный редуктор.

Кроме этого на выходные концы валов редуктора действует консольная нагрузка (рис.2.1):

$F_в$ от цепной и ременной передачи:

$$F_{t\text{оп}} = 2T_3/d_{2\text{оп}};$$

$F_{r\ \text{оп}} = 2T_3/d_{2оп}$ от открытой прямозубой цилиндрической передачи,

где

$d_{2\text{оп}}$ – делительный диаметр колеса;

$F_{M1} = (50...125)\sqrt{T_1}$ от муфты на быстроходном валу;

$F_{M2} = 125\sqrt{T_2}$ от муфты на тихоходном валу.

Сила $F_в$ перпендикулярна оси вала и направляется в соответствии с положением цепной (ременной) передачи (горизонтального или наклонно). Силу F_{M1} рекомендуется направлять противоположно F_t.

3.5. Проектный расчет валов. Эскизная компоновка.

Выбираем материал для валов редуктора – сталь 40Х, термообработка – улучшение.

Твердость НВ 269…302 (табл. П.4).

Определяем диаметры ступеней быстроходного вала (вал-шестерня) (рис. 3.4).

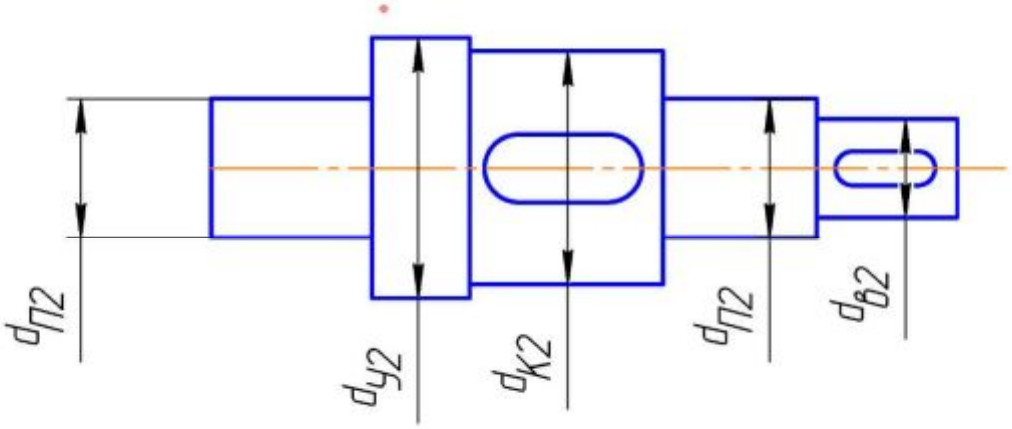


Рис.3.4. Типовая конструкция быстроходного вала редуктора.

Диаметр выходного конца, мм:

$$d_{в1} = \sqrt[3]{\frac{T_1}{0{,}2[\tau]_к}},$$

где $[\tau]_к$= 20… 25МПа – допускаемое напряжение кручения.

Для соединения быстроходного вала с валом электродвигателя стандартной упруго- втулочной пальцевой муфтой (МУВП)

обеспечиваем условие $d_{в1} \geq (0{,}75\ldots0{,}8)d_{дв}$, где $d_{дв}$ - диаметр вала электродвигателя (табл. П.2). Принимаем ближайшее большее значение из стандартного ряда (табл. П.34).

Диаметр вала под подшипник, мм:

$$d_{П1}=d_{в1}+2t_1,$$

где t_1 – высота буртика вала (рис. 3,16). Принимаем целое число, кратное 5.

Диаметр упорной ступени вала, мм:

$$d_{у1}=d_{П1}+2_{t1}.$$

Определяем диаметры ступеней тихоходного вала редуктора (рис.3.5)

Диаметр выходного конца, мм:

$$d_{в2}=\sqrt[3]{\frac{T_2}{0{,}2[\tau]_к}}.$$

Принимаем ближайшее большее значение из стандартного ряда.

Диаметр вала под подшипником, мм:

$$d_{П2}=d_{в2}+2t_1.$$

Принимаем целое число кратное 5.

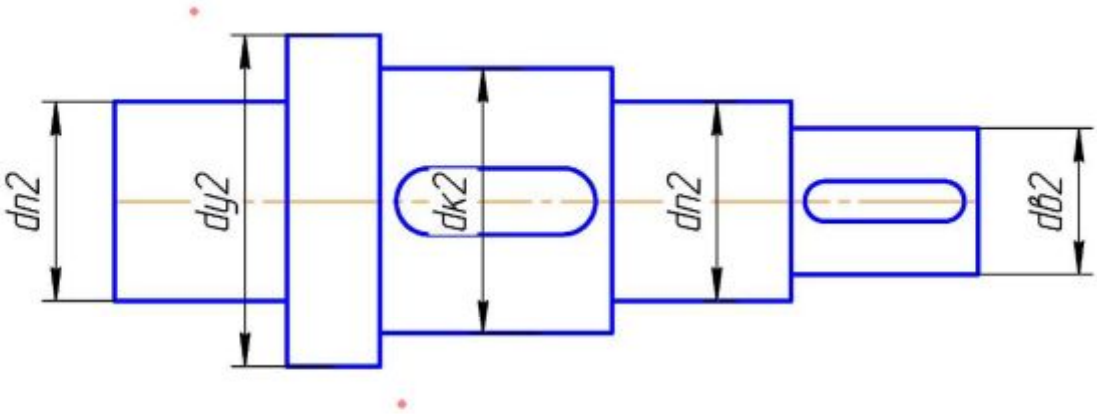


Рис.3.5. Типовая конструкция тихоходного вала редуктора.

Диаметр вала под колесом, мм:

$$d_{к2}=d_{П2}+2t_1.$$

Диаметр упорной ступени вала, мм:

$$d_{у2}=d_{к2}+2t_1.$$

Цель эскизной компоновки – определение положения элементов передач относительно опор (подшипников). Эскизная компоновка (рис.3.6) выполняется в соответствии с требованиями ЕСКД на миллиметровой бумаге формата А1 карандашом в тонких линиях,

желательно в масштабе 1:1 и должна содержать одну проекцию – разрез по осям валов. Шестерня и колесо вычерчивается в виде прямоугольников. Длина ступицы колеса принимается равной ширине венца и не выступает за пределы прямоугольника. Зазор между торцом шестерни и внутренней стенкой корпуса $\Delta_1=1.2\delta$, где $\delta=0{,}025a_w+1$ – толщина стенки корпуса редуктора ($\delta\geq8$). Зазор от окружности вершин зубьев колеса (шестерни) до внутренней стенки корпуса $\Delta_2=\delta$. Если диаметр окружности вершин зубьев шестерни меньше наружного диаметра подшипника, то Δ_2 надо откладывать от наружного кольца подшипника. Зазор между днищем корпуса и поверхностью колеса $\Delta_0\geq4\delta$.

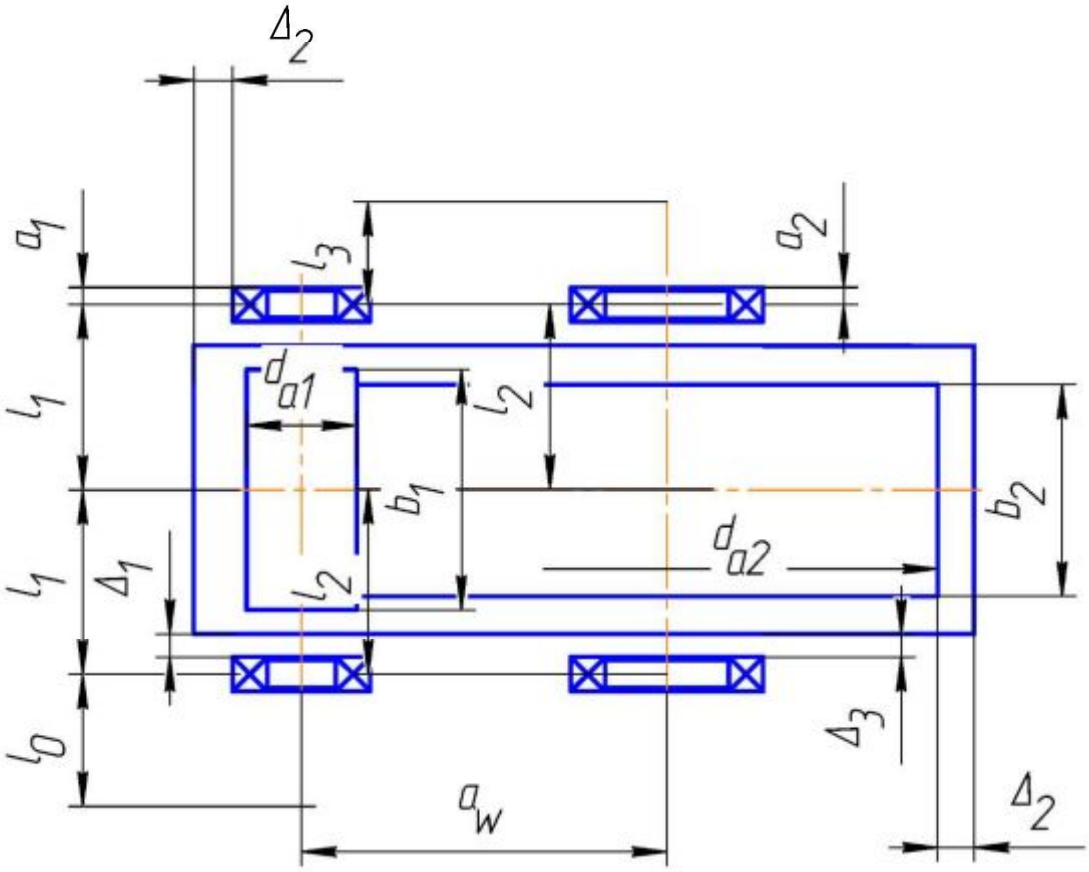


Рис.3.6. Пример эскизной компоновки цилиндрического редуктора

Предварительно выбираем радиальные шариковые подшипники (табл. П.35) и схему установки «враспор» (табл. П.36). Параметры подшипников средней (легкой) серии выбираем по диаметру $d_{П1}$ и $d_{П2}$ (табл. П.37) и заносим их в табл.3.4.

Таблица 3.4

Вал	Подшипники					
	Обозначение	$d? D? B(T)$,мм	C_r,кН	C_o, кН	α, град	e
Быстроходный Б1 Тихоходный Т2						

Расстояние от внутренней стенки корпуса до торца подшипника Δ_3=8…12 мм, при смазывании подшипников пластическим смазочным материалом (окружная скорость колеса V<2 м/с, в трудно доступных местах, а также для опор вертикального вала) и Δ_3=5мм при смазывании подшипников разбрызгиваем масла, залитого в картер, вращающимся зубчатым колесом.

Расстояния $a_1(a_2)$ от торца подшипника быстроходного вала до точки приложения его радиальной реакции определяются по формулам:

$a = B/2$ - для радиальных шариковых подшипников;

$a = \frac{B}{2} + \frac{(d+B)tg\alpha}{4}$ - для радиально-упорных шариковых подшипников;

$a = \frac{T}{2} + \frac{(D+d)e}{6}$ - для конических роликовых подшипников.

Величины B, T, d, D, α и e выбираем из табл. 3.4.

Расстояние от точки приложения радиальной реакции подшипника до точки приложения силы давления цепной передачи (сил зацепления открытой зубчатой передачи) (рис.2.1):

$$L_3=1.25d_{П2}+0,625d_{в2} - B_2(T_2)+a_2.$$

Расстояние от точки приложения радиальной реакции подшипника до точки приложения силы давления ременной передачи:

$$l_0=1.25d_{П1}+0,65d_{в1} - B_1(T_1)+a_1.$$

Измерением находим расстояние между реакциями в опорах быстроходного вала $2l_1$ и тихоходного вала $2l_2$.

3.6. Определение опорных реакций. Построение эпюр моментов. Проверочный расчет подшипников.

Пример расчетной схемы быстроходного вала приведен на рис.3.7.

Реакции в опорах A и B, Н:

в плоскости XZ:

$$R_{XA}=R_{XB}=F_{t1}/2.$$

в плоскости YZ:

$$R_{YA}=(F_{r1}\cdot l_1+0{,}5F_{a1}\cdot d_1)/2l_1$$

$$R_{YB}=(F_{r1}\cdot l_1-0{,}5F_{a1}\cdot d_1)/2l_1$$

Проверяем $R_{YA}+R_{YB}=F_R$

Суммарные реакции в опорах, Н:

$$F_{rA}=\sqrt{R_{XA}^2+R_{YA}^2}$$

$$F_{rB}=\sqrt{R_{XB}^2+R_{Y}^2}$$

Осевая нагрузка опор, Н: $F_{aA}=F_{aB}$.

Подшипники (табл. 3.4) проверяем по наиболее нагруженной опоре A. Эквивалентная нагрузка подшипника, Н:

$$P_{ЭA}=(XVF_{rA}+YF_{aA})k_T\cdot k_б,$$

где коэффициент вращения V=1 при вращении внутреннего кольца подшипника;

коэффициенты X и Y определяются по табл. П.40;

коэффициент безопасности $k_б=1$ при спокойной нагрузке (без толчков), $k_б=1...1{,}2$ при легких толчках, $k_б=1{,}3...1{,}8$ при умеренных толчках;

температурный коэффициент $k_Т=1$ при рабочей температуре подшипника до 100°С.

Расчетная долговечность подшипника, ч:

$$L_h=\left(\frac{C_к}{P_{ЭA}}\right)^3\cdot\frac{10^6}{60n_1}\geq L_{hTp},$$

где $L_{hТр}3600L_Г\cdot k_Г\cdot 24k_с$ – требуемая долговечность; срок службы привода $L_Г$; коэффициенты $k_Г$ и $k_с$ заданы в техническом задании.

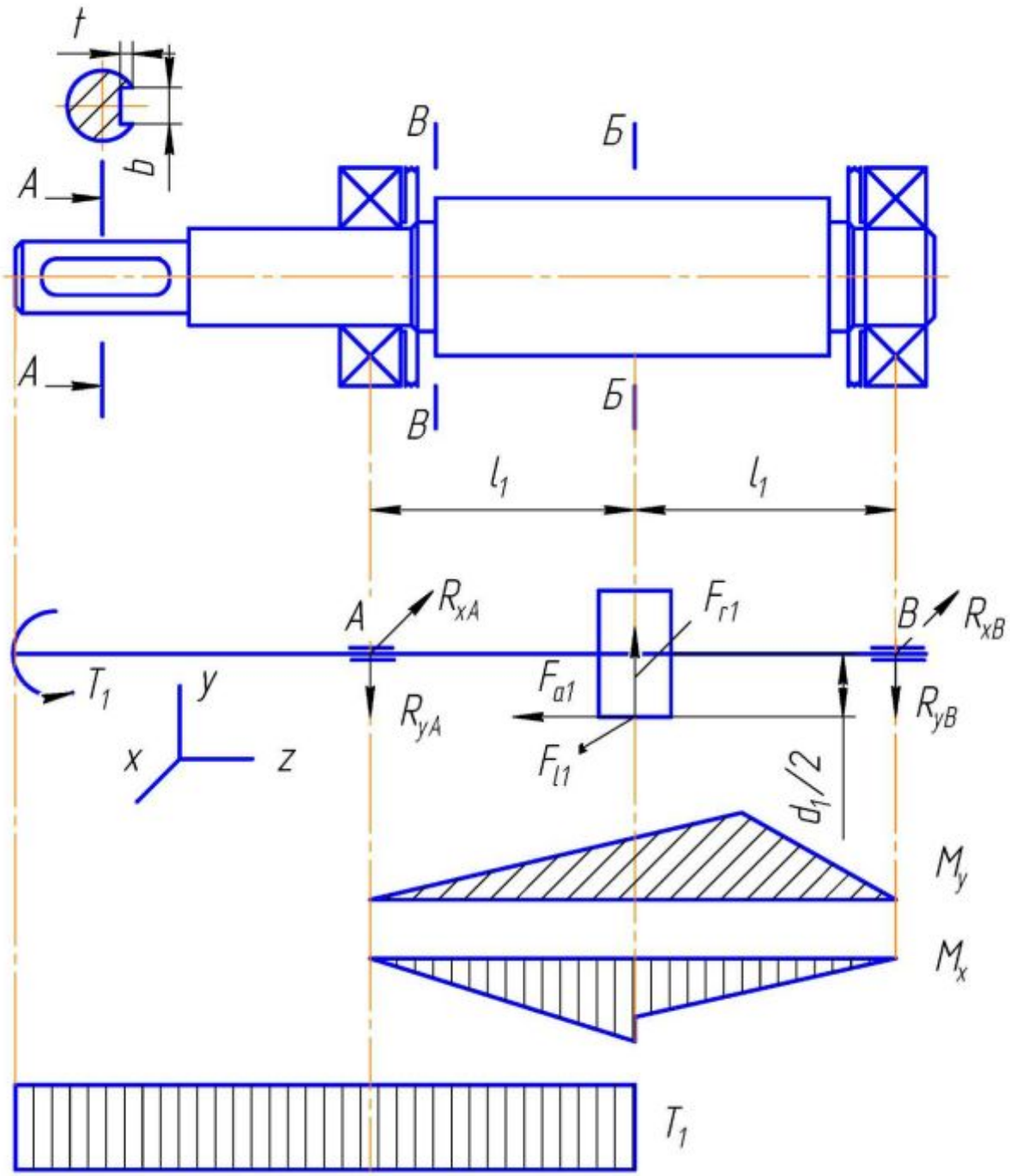


Рис.3.7. Расчетная схема быстроходного вала

Пример расчетной схемы тихоходного вала приведен на рис.3.8.

Составляющие консольной нагрузки от цепной передачи, Н:

$$F_{bY}=F_b\cdot\sin\theta,$$

$$F_{bX}=F_b\cdot\sin\theta,$$

где θ – угол наклона цепной передачи.

Реакции в опорах *C* и *D*, Н:

в плоскости *XY*:

$$R_{XC}=(F_{t2}\cdot l_2-F_{bX}\cdot l_3)/2l_2,$$

$$R_{XD}=[F_{t2}\cdot l_2+F_{bX}(2l_2+l_3)]/2l_2,$$

проверяем: $R_{XC}+R_{XD}-(F_{t2}-F_{bX})=0$,

в плоскости *YZ*:

$$R_{YC}=(F_{r2}\cdot l_2-F_{a2}\cdot d_2/2+F_{bY}\cdot l_3)/2l_2,$$

$$R_{YD}=[F_{r2}\cdot l_2-F_{a2}\cdot d_2/2+F_{bY}(2l_2+l_3)]/2l_2,$$

проверяем: $R_{YC}+F_{bY}-(F_{r2}+R_{YD})=0$.

Суммарные реакции в опорах, Н:

$$F_{rC}=\sqrt{R_{XC}^2+R_{YC}^2},$$

$$F_{rD}=\sqrt{R_{XD}^2+R_{YD}^2}.$$

Осевая нагрузка опор, Н:

$$F_{aC}=0,\ F_{aD}=F_{a2}.$$

Проверяем подшипники (табл. 3.4) по наиболее нагруженной опоре (где эквивалентная нагрузка $P_Э$ больше). Эквивалентные нагрузки подшипников, Н:

$$P_{ЭC}=(XVF_{rC}+YF_{aC})k_T\cdot k_б,$$

$$P_{ЭD}=(XVF_{rD}+YF_{aD})\ k_T\cdot k_б,$$

где $V=1$; *X* и *Y* определяем по табл. П.40; $k_б=1{,}3$; $k_T=1$.

Расчетная долговечность подшипника, ч:

$$L_h=\left(\frac{C_к}{P_{ЭД}}\right)^3\cdot\frac{10^6}{60n_1}\geq L_{hтр}.$$

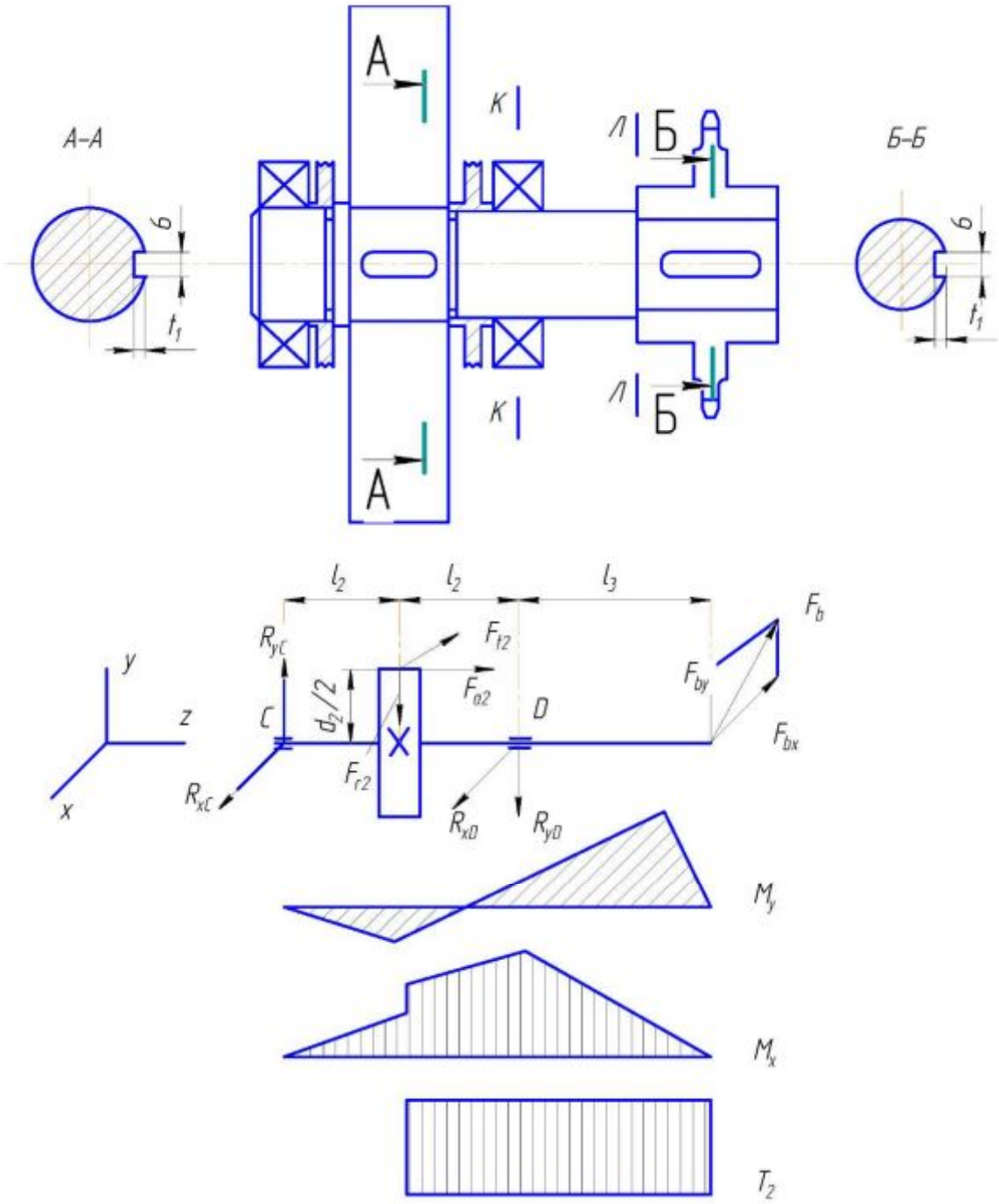


Рис. 3.8. Расчетная схема тихоходного вала.

3.7. Конструктивная компоновка привода.

Цель конструктивной компоновки – конструктивное оформление деталей и узлов редуктора открытой передачи и рамы.

Конструктивная компоновка редуктора (рис. 3.9) выполняется на миллиметровой бумаге формата А1 карандашом в контурных линиях, желательно в масштабе 1:1. Шестерню чаще всего выполняют заодно с валом (вал – шестерня). Конструктивные размеры колеса (рис.3.10) приведены в табл. 3.5. Колеса небольших размеров (d_a<160мм) изготовляют обычно из штампованных заготовок без углублений и отверстий. Шевронные колеса (рис.3.11) отличаются от других цилиндрических колес увеличенной шириной. Для выхода зуборезной фрезы служит канавка шириной a (табл.3.7), толщина диска:

$$c=(0,3\ldots0,35)\cdot(b+a),$$

длина ступицы $l_{ст}=b+a$.

Конструктивные размеры корпуса редуктора (рис.3.12) приведены в табл.3.8. При конструировании корпуса редуктора придерживаются установленных литейных уклонов (табл. 3.9), размеров элементов сопряжений (табл. 3.10) и фланцев (табл. 3.11). Для заливки масла и осмотра в крышке корпуса делают окно, закрываемое крышкой (табл. 3.12).

В основании корпуса делаются отверстия под выбранный маслоуказатель (рис. 3.13) и сливную пробку (табл. 3.13).

Подшипники закрываются чугунными (СЧ 15) глухими (табл. 3.14) и сквозными привертными крышками. В сквозных крышках делаются отверстия под манжетные уплотнения (табл. П.42) и для прохода выходного конца вала ($d_в$+1…2 мм). Для регулирования зазоров в подшипниках под фланец крышек устанавливается набор стальных прокладок (толщиной ~ 1мм).

Между торцами подшипников и упорными буртиками валов (распорной втулкой) устанавливаются мазеудерживающие кольца (рис. 3.14). Зазор между кольцом и корпусом редуктора 0,1..0,3мм; выход за торец корпуса 1…2мм.

Длина выходных концов валов определяется длиной полумуфты (длинной ступицы детали открытой передачи). Конструктивно оформляются валы в местах установки ступиц, подшипников, мазеудерживающих и распорных колец – выбираются фаски (рис.3.15), радиусы закруглений (галтели) (рис. 3.16), канавки для выхода шлифовального круга (рис. 3.17) и резьбонарезного

инструмента (рис. 3.18). Звездочка на тихоходном валу фиксируется концевой шайбой (табл. П.43).

Для обеспечения точного относительного положения электродвигатель и редуктор устанавливаем на раме, которую изготовляем сварной из проката – швеллеров, уголков, листов. Для определения конфигурации и размеров рамы вычерчиваем на листе бумаги в масштабе контуры муфты. Одну полумуфту соединяем с валом электродвигателя, а другую – с валом редуктора. Подрисовываем контуры электродвигателя и редуктора. После этого вычерчиваем контуры рамы и определяем её длину L и ширину B и разность высот h опорных поверхностей электродвигателя и редуктора. Размеры L и B округляем до стандартных значений. Определяем высоту основного швеллера $H \geq 0{,}1L$, по которой подбираем ближайший больший размер швеллера (табл. П.44). Ширину полки швеллера проверяем на возможность размещения и монтажа крепежных деталей.

При небольшом размере h на раму наваривают листы требуемой толщины или опорные платики (высота платика 5…6 мм). При большом значении h раму наращивают швеллерами.

Для крепления рамы применяем фундаментные болты (при длине рамы L до 700 мм устанавливают 4 болта диаметром $d_р$=16…18мм; при L свыше 700 до 1000 мм – 6 болтов диаметром $d_р$ =20…22 мм; при L св. 1000 до 1500 мм – 8 болтов диаметром $d_р$ =24 мм). На внутренней поверхности полок швеллеров по месту установки болтов привариваем косые шайбы для обеспечения перпендикулярности опорных торцов головок болтов и гаек относительно осей болтов.

В приводе с ременной передачей (рис. 2.1) для регулирования натяжения ремней, электродвигатель устанавливают на салазках, которые крепят на раме болтами.

3.8. Смазывание редуктора.

В редукторах общего назначения для смазывания зубчатого зацепления применяется картерное смазывание (окунанием колеса в масло, залитое внутрь корпуса) при окружной скорости колеса V≤12м/с. Зубчатое колесо следует погружать в масло на высоту зуба (предельно допустимая глубина погружения $h_М = m…0{,}25d_2$, где m – модуль зацепления; d_2 – диаметр делительной окружности колеса).

Объем масляной ванны редуктора определяется из расчета 0,5 - 0,8 л. масла на 1 кВт передаваемой мощности. Сорт масла выбираем по табл. П.45.

Подшипники смазываются пластичным смазочным материалом (консталин УТ-1, солидол УС-1) при окружной скорости колеса V=2 м/с (при V>2 м/с подшипники смазывают разбрызгиванием масла из картера колесом). Смазочный материал набивается в подшипниковый узел при сборке на несколько лет.

3.9. Выбор муфты.

В приводах общего назначения рекомендуется применять муфту упругую втулочно-пальцевую. Типоразмер муфты выбираем по (табл. П.46) по диаметру концов соединяемых валов и расчетному вращающему моменту.

$$T_{рас}=K\cdot T_1(T_2)\leq[T],$$

где T_1 (T_2) - вращающий момент на соответствующем валу редуктора, Н·м; K – коэффициент, учитывающий условия эксплуатации; при постоянной нагрузке K= 1,15…1,2 при переменной нагрузке с колебаниями K=1,3…1,5; при нагрузке со значительными колебаниями K=1,7…2; [T] – допускаемый вращающий момент муфты.

Допускается диаметр одной из полумуфт уменьшать до любого значения, установленного стандартом.

При выборе муфты принимается материал полумуфт – чугун СЧ20 или сталь 30Л.

3.10. Расчет шпоночных соединений.

Для шпоночных соединений быстроходного вала с полумуфтой или шкивом и тихоходного вала с зубчатым колесом или полумуфтой (рис.2.1) принимаем призматические шпонки со скругленными концами. Размеры поперечных сечений шпонок и пазов для них выбираем по ГОСТу 23360-78 (табл. П47). Длины шпонок определяем по формуле:

$$l=l_{ст}-(5\ldots10\text{ мм}),$$

согласуя со стандартным рядом. Здесь $l_{ст}$ – длина ступицы детали, соединяемой с валом, мм.

Проверяем прочность шпонок на смятие по формуле:

$$\sigma_{см}=\frac{T}{d(h-t_1)(l-b)}\leq[\sigma]_{см},$$

где d – диаметр вала, мм; h и b – размеры поперечного сечения шпонки, мм; t_1- глубина паза вала, мм; T- вращающий момент на валу, Н·м; $[\sigma]_{см}$ – допускаемое напряжение смятия, МПа. Для стальной ступицы $[\sigma]_{см}$=150…190 МПа; для чугунной ступицы $[\sigma]_{см}$=80…100 МПа (большие значения принимают при постоянной нагрузке, а меньшие значения - при переменной и ударной нагрузке). Материал шпонок – сталь 45, термическая обработка – нормализация.

3.11. Уточненный расчет валов на прочность.

Цель уточненного расчета валов – определение коэффициентов запаса прочности в опасных сечениях каждого вала и сравнение их с допускаемым значением $[s]$=1,3…3.

Для выбранного материала валов по табл. П.4 определяем предел прочности $\sigma_в$. Предел выносливости при симметричном цикле изгиба для легированных сталей, МПа:

$\Sigma\sigma_{-1}=0{,}35\sigma_в+(70\ldots120)$,

для углеродистых сталей $\sigma_{-1}=0{,}43\sigma_в$.

Предел выносливости при отнулевом цикле касательных напряжений кручения:

$$t_{-1}=0{,}58\sigma_{-1}$$

Расчетная схема быстроходного вала приведена на рис. 3.7. В сечении А-А концентрацию напряжений вызывает наличие шпоночной канавки. Коэффициент запаса прочности по касательным напряжениям

$$s_\tau=\frac{\tau_{-1}}{\dfrac{k_\tau}{\varepsilon_\tau\varepsilon_П\beta}\tau_a+\psi_\tau\tau_m},$$

где амплитуда и среднее напряжение цикла, МПа.

$$\tau_a=\tau_m=\frac{\tau_{max}}{2}=\frac{T_1}{2W_{кнетто}}.$$

Момент сопротивления кручению сечения вала, мм:

$$W_{к\,нетто}=\frac{\pi d_{в2}^3}{16}-\frac{bl_1(d_{в1}-l_1)^2}{2d_{в1}},$$

где k_τ - эффективный коэффициент концентрации напряжений (табл. П.50); ε_τ – масштабный фактор (табл. П.53); $\varepsilon_П$ – коэффициент влияния шероховатости поверхности ($\varepsilon_П$=0,98…0,9 при R_a=0,32…2,5 мкм); ψ_τ - коэффициент чувствительности материала к асимметрии

цикла (ψ_τ= 0,1 для легированной стали, ψ_τ=0,05 для углеродистой стали).

Величина изгибающего момента от консольной нагрузки $F_в(F_{M1})$, Н·м:

$$M_{А\text{-}А}=F_в(F_{M1})l/2,$$

где l – длина полумуфты или длина ступицы шкива открытой передачи.

Коэффициент запаса прочности по нормальным напряжениям изгиба:

$$s_\sigma=\frac{\sigma_{-1}}{\dfrac{k_\sigma}{\varepsilon_\sigma\varepsilon_П}\sigma_a+\psi_\sigma\tau_m},$$

где σ_a= $M_{А\text{-}А}/W_{нетто}$ амплитуда цикла нормальных напряжений изгиба.

Момент сопротивления изгибу:

$$W_{нетто}=\frac{\pi d_{в1}^3}{32}-\frac{bt_1(d_{в1}-t_1)^2}{2d_{в1}}.$$

Среднее напряжение цикла нормальных напряжений, МПа:

$$\sigma_m=\frac{4F_{a1}}{\pi\cdot d_{в1}^2}.$$

При F_{a1}=0 или малой ее величине принимается σ_m=0; k_σ - эффективный коэффициент концентрации напряжений (табл. П.50); ε_σ – масштабный фактор (табл. П.53); ψ_σ - коэффициент чувствительности материала к асимметрии цикла (ψ_σ= 0,2 для легированной стали, ψ_σ=0,1 для углеродистой стали).

Общий коэффициент запаса прочности:

$$s=\frac{s_\sigma\cdot s_\tau}{\sqrt{s_\sigma^2+s_\tau^2}}\geq[s].$$

При необходимости аналогичные расчеты проводятся для других сечений быстроходного вала.

Расчетная схема тихоходного вала приведена на рис. 3.8. В сечении А-А концентрация напряжений обусловлена наличием шпоночной канавки. Коэффициент запаса прочности по касательным напряжениям, МПа:

$$s_\tau = \frac{\tau_{-1}}{\frac{k_\tau}{\varepsilon_\tau \varepsilon_{II}} \tau_a + \psi_\tau \tau_m},$$

где амплитуда и среднее напряжение цикла, МПа:

$$\tau_a = \tau_m = \frac{\tau_{max}}{2} = \frac{T_2}{2W_{кнетто}}.$$

$$W_{к\ нетто} = \frac{\pi d_{к2}^3}{16} - \frac{b l_1 (d_{k2} - l_1)^2}{2 d_{k2}},$$

коэффициенты k_τ , ε_τ определяем по табл. П.50, П.53; коэффициенты $\varepsilon_П$,ψ_τ определяем согласно рекомендациям приведенным в расчете быстроходного вала.

Суммарный изгибающий момент в сечении А-А, Н·м:

$$M_{A\text{-}A} = \sqrt{M^2_{A-Ay} + M^2_{A-Ax}},$$

где $M_{A\text{-}Ay} = R_{xB} \cdot l_2$; $M_{A\text{-}Ax} = R_{yB} \cdot l_2 + F_{a2} d_2/2$.

Коэффициент запаса прочности по номинальным напряжениям изгиба:

$$s_\sigma = \frac{\sigma_1}{\frac{k_\sigma}{\varepsilon_\sigma \varepsilon_П} \sigma_a + \psi_\sigma \sigma_m},$$

где амплитуда цикла напряжений, МПа: $\sigma_a = M_A \cdot W_{нетто}$,

$$W_{нетто} = \frac{\pi d_{к2}^3}{32} - \frac{b t_1 (d_{k2} - t_1)^2}{2 d_{k2}}.$$

Среднее напряжение цикла, МПа:

$$\sigma_m = 4F_{a2}/\pi d_{к2}^2.$$

Коэффициенты k_σ , ε_σ определяем по табл. П50, П53; коэффициенты $\varepsilon_П$, ψ_σ определяем по рекомендациям, приведенным в расчете быстроходного вала.

Общий коэффициент запаса прочности:

$$s = \frac{s_\sigma \cdot s_\tau}{\sqrt{s_\sigma^2 + s_\tau^2}} \geq [s].$$

Аналогичные расчеты проводятся для других сечений тихоходного вала. В сечении К-К концентрация напряжений обусловлена посадкой подшипника с гарантированным натягом (табл.П.52.) В сечении Л-Л концентрация напряжений обусловлена переходом от диаметра $d_{П2}$ к диаметру $d_{в2}$ (табл.П.48).

3.12. Сборка редуктора.

Сборку производят в соответствии со сборочным чертежом редуктора. Сборка редуктора на рис.3.9 производится в следующей последовательности. Перед сборкой внутреннюю полость корпуса редуктора очищают и покрывают маслостойкой краской. На ведущий вал насаживают мазеудурживающие кольца и шариковые подшипника, предварительно нагретые в масле до 80…100^{0}С. На ведомый вал закладывают шпонку и напрессовывают зубчатое колесо до упора в буртик вала, надевают распорную втулку, мазеудурживающие кольца и устанавливают шариковые подшипники. Собранные валы устанавливают в основание корпуса редуктора и надевают крышку корпуса. Стыковые поверхности крышки и основания корпуса должны быть покрыты спиртовым лаком. Крышку центрируют с помощью двух конических штифтов и затягивают болтами. В подшипниковые камеры закладывают пластичную смазку и устанавливают крышки подшипников с металлическими прокладками для регулировки. В сквозные крышки перед постановкой закладывают манжетные уплотнения. Собранные валы проверяют на плавное проворачивание от руки и закрепляют крышки винтами. Затем ввертывают пробку маслоспускного отверстия с прокладкой и закрепляют крышку смотрового люка болтами.

Собранный редуктор обкатывают и подвергают испытанию на стенде в соответствии с техническими условиями.

3.13. Разработка сборочного чертежа редуктора.

Сборочный чертеж редуктора (рис. 6.2. П.89…97) выполняется в двух проекциях на основании разработанной конструкторской компоновки.

На сборочном чертеже указываются следующие размеры:

- габаритные (по предельным внешним очертаниям);
- присоединительные (диаметр и длина концевого участка быстроходного и тихоходного валов);
- установочные (расстояния между центрами фундаментальных болтов, высота центров валов);
- посадочные (размеры сопрягаемых поверхностей с указанием посадок, табл. П.54);

- главный параметр редуктора (межосевое расстояние a_w зубчатых и червячных передач, внешний делительный диаметр d_{e2} конического колеса).

В соответствии со спецификацией указываются номера позиций всех сборочных единиц и деталей редуктора. Номера располагают на полках-выносках, параллельных основной надписи, на одной горизонтальной или вертикальной линии и одном расстоянии от контура чертежа (не менее 30 мм). Под полкой-выноской деталей зубчатых передач указывают число зубьев (z) и модуль (m).

Над основной надписью чертежа указывают технические характеристики редуктора, например:

1. Передаточное число u=5.
2. Частота вращения быстроходного вала n_1=1500 мин$^{-1}$.
3. Частота вращения тихоходного вала n_2=300 мин$^{-1}$.
4. Вращающий момент на тихоходном валу T_2=300 Н•м;

Технические требования, например:

1. Валы собранного редуктора должны проворачиваться без толчков и заеданий.
2. Легкость вращения обеспечить прокладками поз. 15 и 17 под крышки поз. 14 и 16.
3. Осевой зазор радиальных подшипников быстроходного и тихоходного валов поз.3 и 5 обеспечить в пределах 0,3…0,5 мм.
4. Смазка картерная, масло индустриальное И-50А ГОСТ 20799-75. Объем заливаемого масла ≈ 5л.

3.14. Разработка чертежа общего вида привода.

Чертеж общего вида привода (П.88) содержит фронтальную проекцию привода и проекции рамы, дающие полное представление об ее конструкции. Масштаб изображения рамы может отличаться от масштаба изображения привода. Элементы привода (электродвигатель, редуктор и др.) вычерчиваются без мелких подробностей, но так, чтобы их изображения было ясным и четким, с необходимыми размерами.

На чертеже общего вида привода указывают следующие данные:

- позиции узлов, деталей и изделий;
- габаритные, присоединительные и установочные размеры;
- технические требования, касающиеся регулировки расположения осей валов редуктора и двигателя, например:

1. Осевое смещение валов не более 3 мм.

2. Перекосы осей валов не более 1^0.

3. Радиальное смещение валов не более 0,3 мм. обеспечить за счет прокладок поз.6.

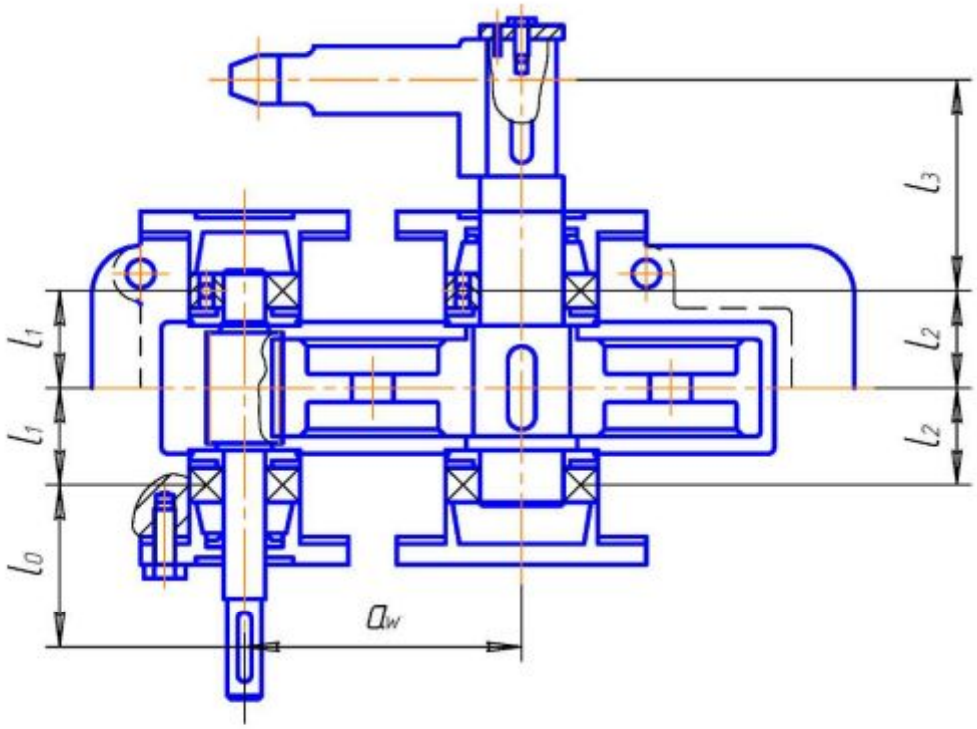


Рис. 3.9. Пример конструктивной компоновки цилиндрического редуктора.

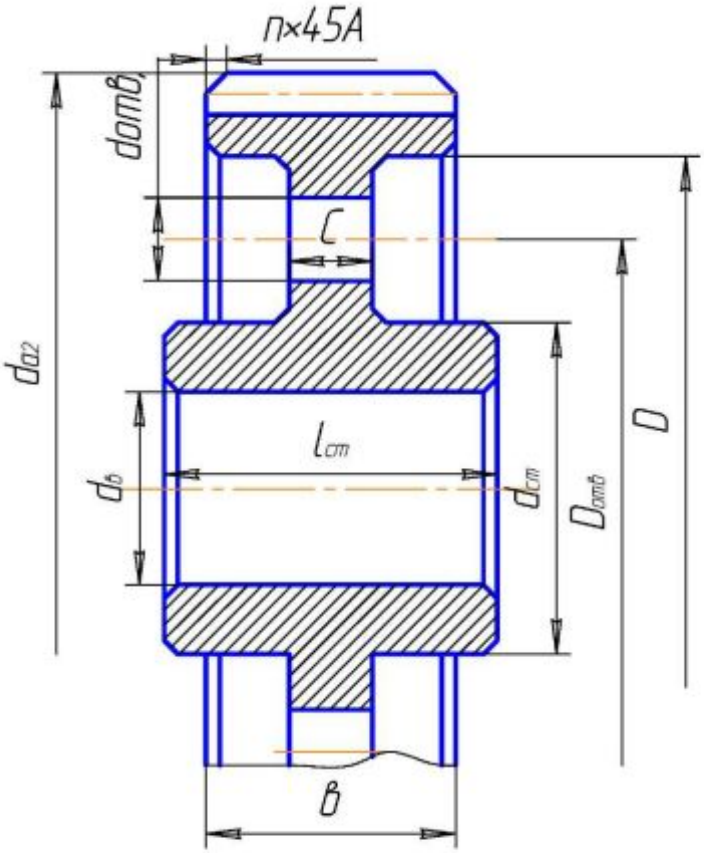


Рис. 3.10. Конструкция цилиндрического зубчатого колеса

Таблица 3.5.

Параметр	Формулы		Величина, мм
	Штампованная заготовка	Литье	
Диаметр вершин зубьев	$d_a \le 500мм$	$d_a \ge 500мм$	
Диаметр ступицы стальных колес	$d_{ст} \approx 1{,}6d_b$		
Длина ступицы	$lcm \approx (1 \div 1{,}5)d_b$		
Толщина обода	$\delta_o = (2{,}5 \div 4)m$, $\delta_o \ge 8мм$		
Толщина диска	$C = (0{,}2 \ldots 0{,}3)b$	$C = 0{,}2b$	
Диаметр центровой окружности	$D_{отв} = 0{,}5(D_o + d_{ст})$		
Диаметр отверстий	$d_{отв} \approx (\frac{D_o - d_{ст}}{4})$		
Фаска	$n = 0{,}5m$, с округлением до стандартного значения табл. 3.6		
Радиусы закруглений и уклоны	$R \ge 6мм,\ \gamma \ge 7°$	$R \ge 10мм,\ \gamma \ge 7°$	

Таблица 3.6

Диаметр ступицы или обода, мм	св 20 до 30	св 30 до 40	св 40 до 50	св 50 до 80	св 80 до 120	св 120 до 150	св 150 до 250	св 250 до 500
Стандартный размер фаски *t*, мм	1	1,2	1,6	2	2,5	3	4	5

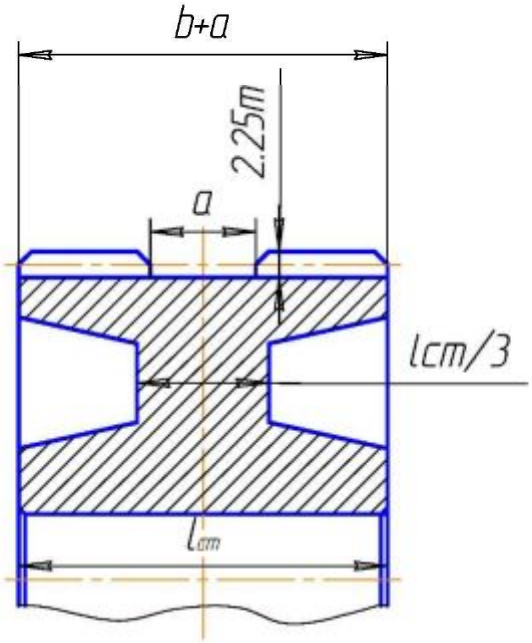


Рис. 3.11. Конструкция шевронного колеса

Таблица 3.7

m, мм	2	2,5	3	3,5	4	5	6	7	8	10
a, мм	32	37	42	47	52	58	67	75	82	100

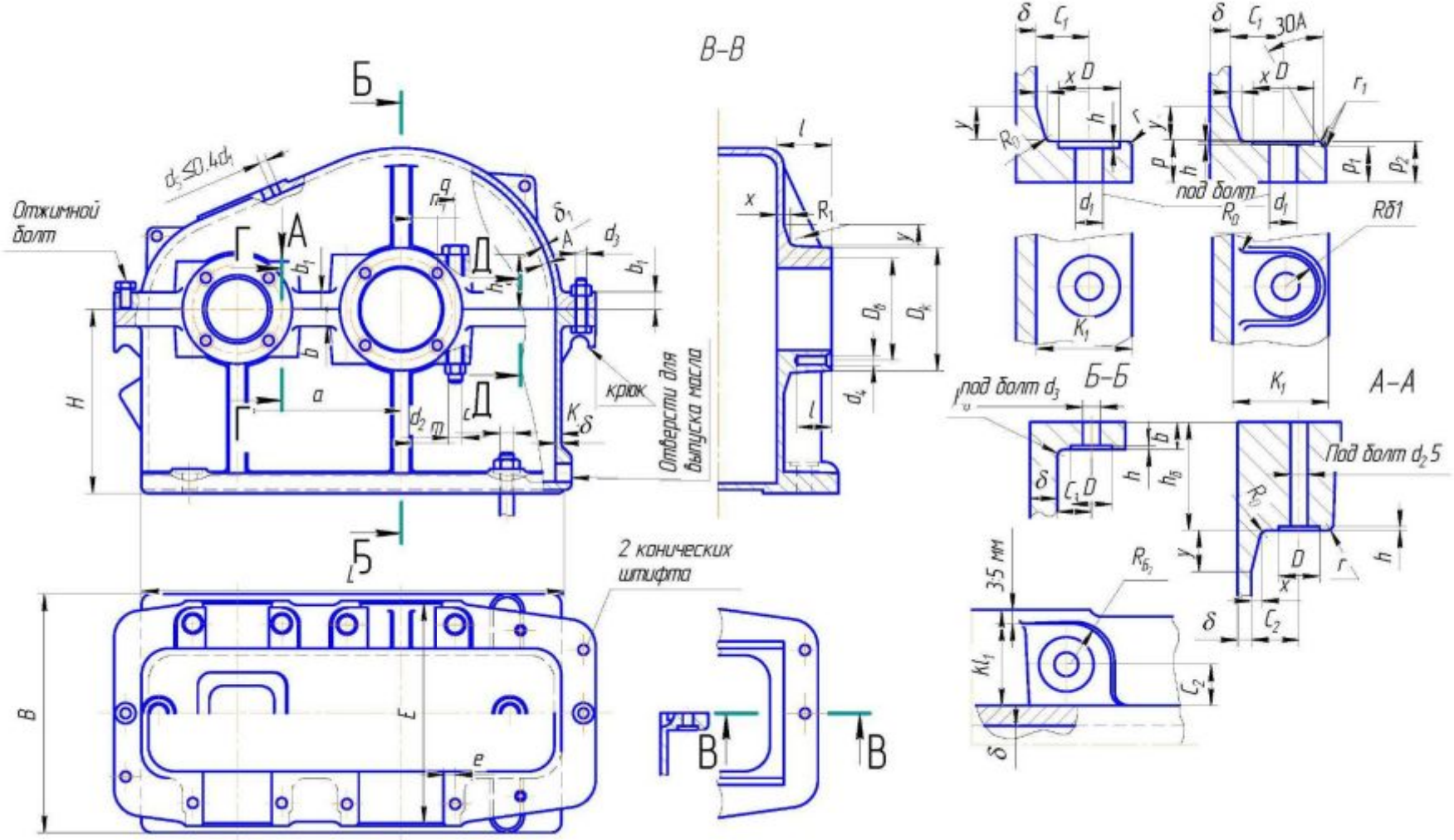
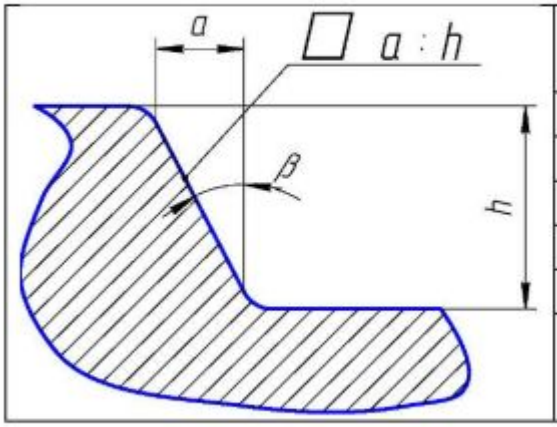


Рис.3.12 Конструктивные элементы корпуса из чугуна (СЧ 15, СЧ 18).

Таблица3.8.

Параметры	Формулы	Величина, мм
Толщина стенки корпуса и крышки редуктора: одноступенчатого цилиндрического одноступенчатого конического одноступенчатого червячного двухступенчатого	Во всех случаях $\delta \geq 8$ мм и $\delta_1 \geq 8$ мм $\delta = 0.025a + 1$; $\delta_1 = 0.02a + 1$ $\delta = 0.05R_e + 1$; $\delta_1 = 0.04\ R_e + 1$ $\delta = 0.04a + 2$; $\delta_1 = 0.032a + 2$ $\delta = 0.025a_т + 3$; $\delta_1 = 0.02a_т + 3$	
Толщина верхнего пояса (фланца) корпуса	$h = 1.5\delta$	
Толщина нижнего пояса (фланца) крышки корпуса	$h_1 = 1.5\ \delta_1$	
Толщина нижнего корпуса пояса: без бобышки при наличии бобышки Толщина ребёр основания корпуса	 $p - 2.35\ \delta$ $p_1 = 1.5\ \delta$; $p_2 = (2.25 \ldots 2.75)\delta$ $m = (0.85 \ldots 1)\delta$	
Толщина ребёр крышки	$m_1 = (0.85 \ldots 1)\ \delta_1$	
Диаметр фундаментных болтов (их число ≥ 4)	$d_1 = (0.03\ ?\ 0.036)a_т + 12$ $d_1 = 0.072R_e + 12$	
Диаметр болтов: у подшипников соединяющих основание корпуса с крышкой	 $d_2 = (0.7\ \ldots\ 0.75)d_1$ $d_3 = (0.5\ ?\ 0.6)\ d_1$	
Размеры, определяющие положении болтов d_2	$e \approx (1\ \ldots\ 1.2)\ d_2$; $q \geq 0.5\ d_2 + d_4$ d_4 - крепление крышки подшипника	
Высота бобышки $h_б$ под болт d_2	$h_б$ выбирают конструктивно так, чтобы образовалась опорная поверхность под головку болта и гайку. Желательно у всех бобышек иметь одинаковую высоту $h_б$	
Диаметр отверстия гнезда под подшипник	$D_п$ – по наружному диаметру подшипника или стакана	
Диаметр отверстия гнезда подшипника Длина гнезда подшипника	$D_к = D_2 + 2 \ldots 5$, D_2 –диаметр фланца крышки $l = \delta + c_2 + R_б + 3 \ldots 5$	
Диаметр штифта Длина штифта	$d_ш = d_3$ $l_ш - b_1 \cdot b + 5$	
Наименьший зазор между наружной поверхностью колеса и стенкой корпуса	$A - A_1 = (1 \ldots 1{,}2)\delta$	

Таблица 3.9.



Уклон *a:h*	Величина угла β	Высота *h*, мм
1/10	6	≤25
1/12	5	≤50
1/15	4	≤100
1/20	3	≤200
1/30	2	≤500
1/50	1	≤500

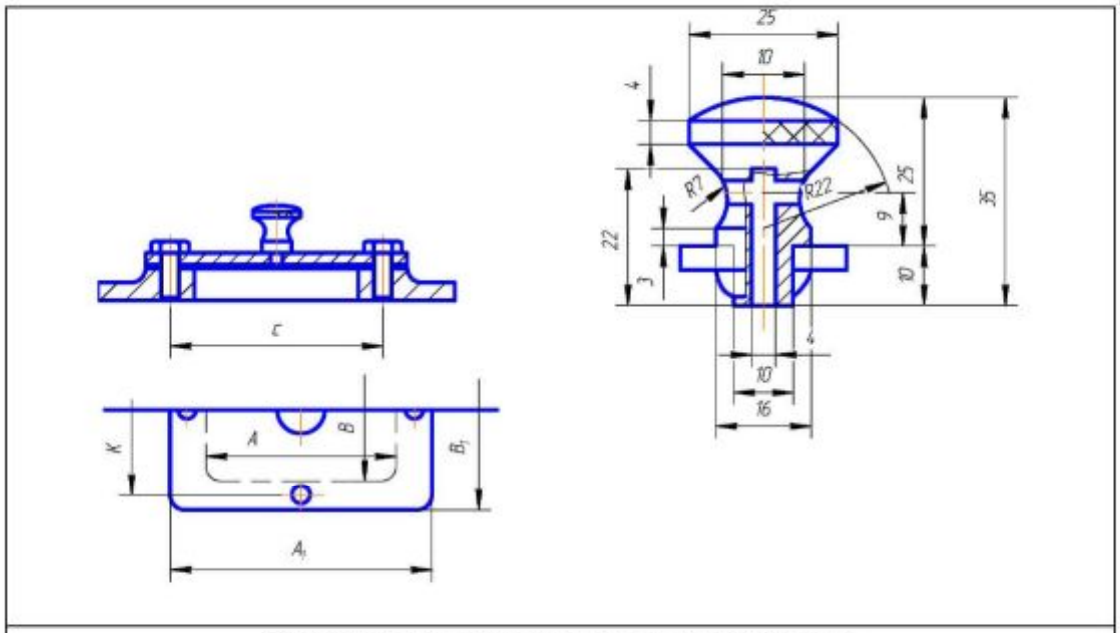
Таблица 3.10

Размеры элементов сопряжений корпуса, мм			
δ	*x*	*y*	*R*
10…15	3	15	5
15…20	4	20	5
20…25	5	25	5
25…30	6	30	8

Таблица 3.11

$d_{болт}$	*K*	*C*	$d_{отв}$	*D*	*r*
M6	22	12	7	14	2
M8	24	13	9	17	3
M10	28	15	11	20	3
M12	33	18	13	26	3
M14	35	18	15	28	3
M16	40	21	17	32	5
M18	46	25	20	34	5
M20	48	25	22	38	5
M22	52	27	24	40	5
M24	54	27	26	45	8
M27	60	30	29	50	8
M30	66	33	32	60	8

Таблица 3.12



Размеры крышки смотрового отверстия								
A	*B*	A_1	B_1	*C*	*K*	*R*	Размер винта	Число винтов
100	75	150	120	125	100	12	*M*8x22	4
150	100	190	140	175	120	12	*M*8x22	4
200	150	200	200	230	180	15	*M*10x22	6

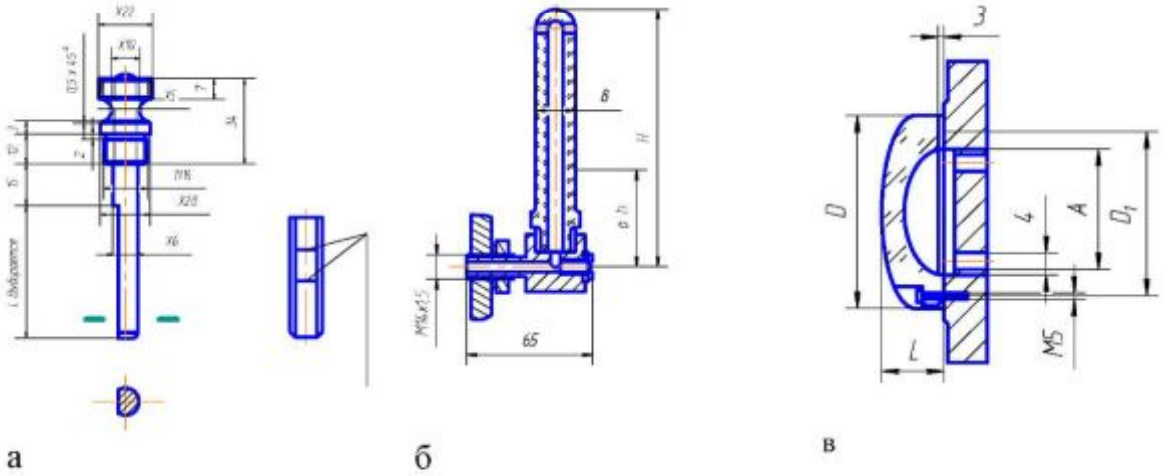
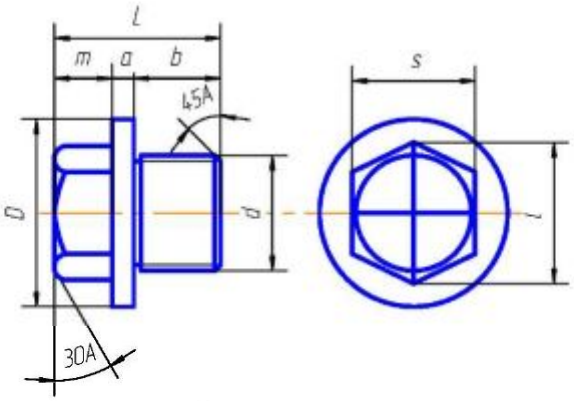


Рис.3.13 Маслоуказатели: а – жезловый, б – трубчатый, в – фонарный.

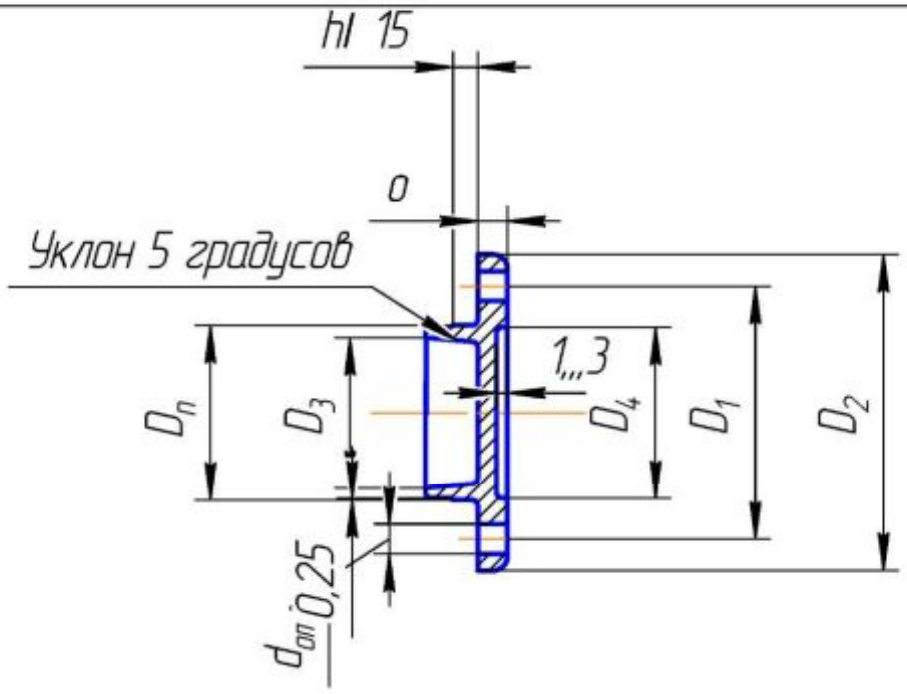
Таблица 3.13.



Размеры, мм

d	b	m	a	L	D	s	l
M16 x 1.5	12	8	3	23	26	17	19.6
M20 x 2	15	9	4	28	30	22	25.4
M22 x 2		10		29	32		
M27 x 2	18	12		34	38	27	31.2
M30 x 2		14		36	45	32	36.9
M33 x 2	20			38	48		

Таблица 3.14.



Размеры, мм							Число винтов
$D_{П}$	D_1	D_2	D_3	D_4	Δ	d4	n
47	68	85	40	40	8	M8	4
52	72	90	45	48			
62	85	105	55	61			
72	95	115	64	65	10	M10	
80	105	125	72	75			
85	110	130	76	80			6
90	15	135	81	85			
100	125	145	90	95			
110	140	165	99	104	12	M12	
120	150	175	108	114			
125	155	180	112	119			
130	160	185	117	124			
140	170	200	126	134			
150	185	215	135	137	16	M16	
160	195	230	144	147			
170	205	240	153	157			

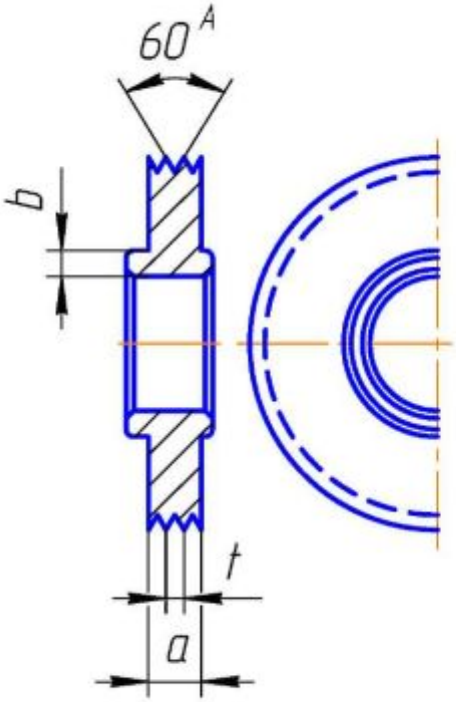
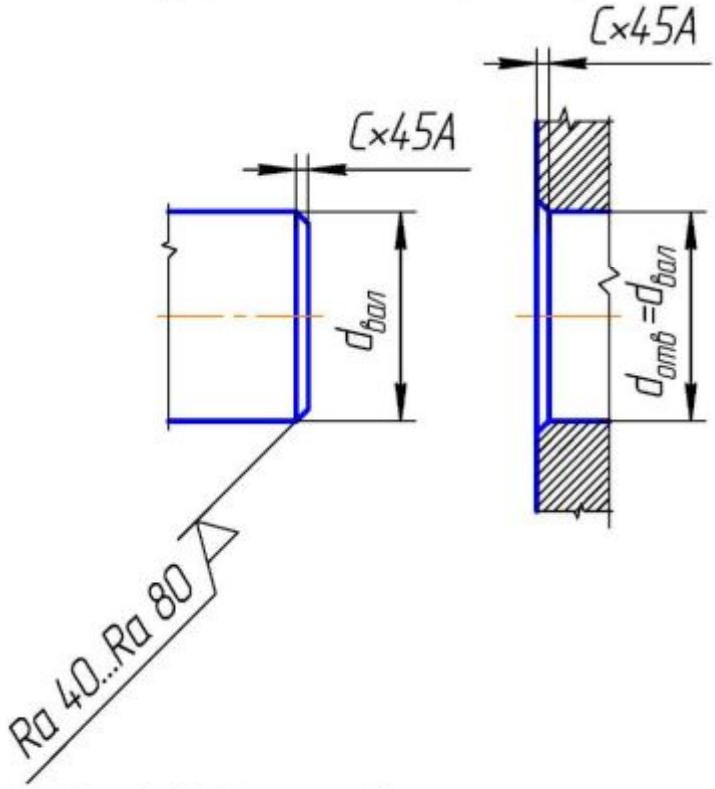


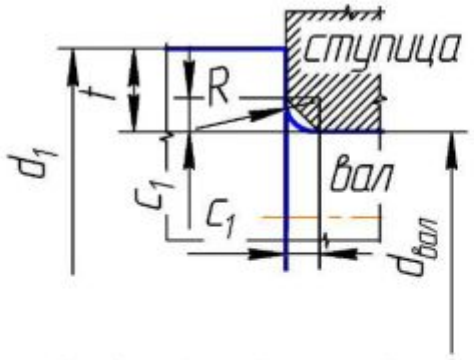
Рис.3.14 Мазеудерживающее кольцо.

Размеры, мм: A=6+9 мм ; t=2+3; b - в зависимости от буртика на валу.



$d_{вал}$	c
мм	
10/20	1,0
20/30	1,6
30/45	2,0
45/70	2,5
70/100	3,0
100/150	4,0

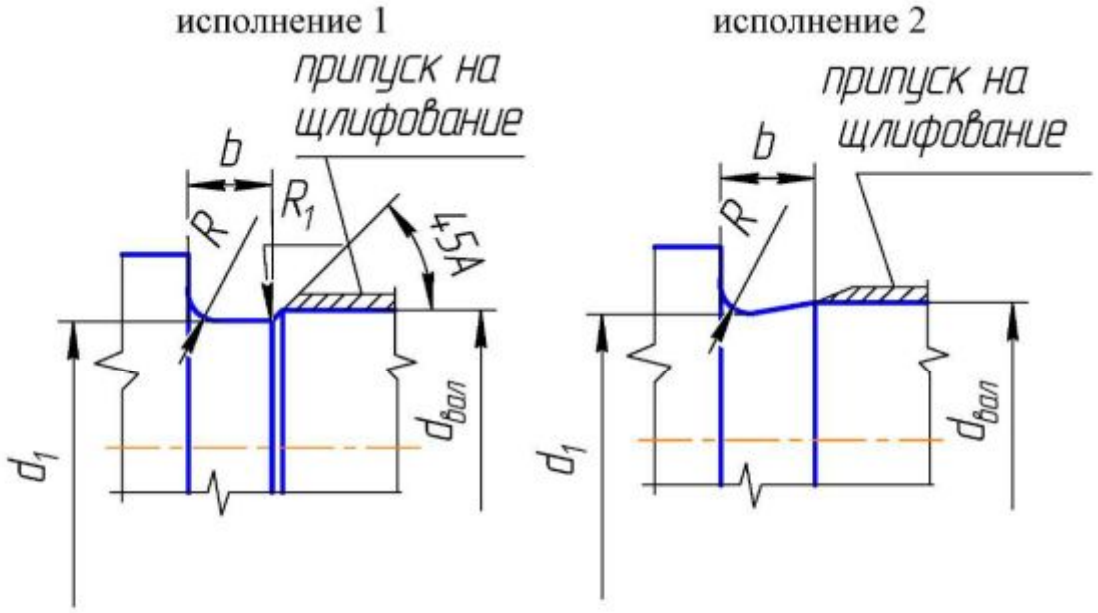
Рис.3.15. Размеры фасок



$d_1 = d_{вал} + 2t$, $t = (1{,}5 \ldots 1{,}7)c_1$

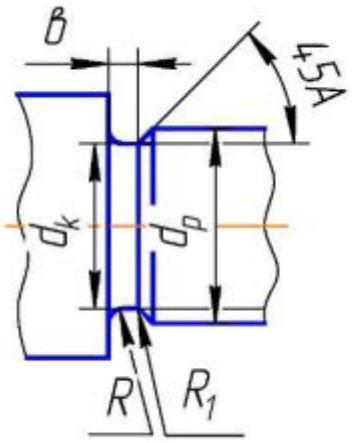
$d_{вал}$	мм	≤20	≤30	≤45	≤70	≤100	≤150
$R_0^{+0.4}$		1,0	1,6	2,0	2,5	3,0	4,0
$C_{1\text{-}0.4}^{0}$		1,2	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0

Рис.3.16. Установка ступицы к заплечику (уступу) вала



$d_{вал}$, $d_{отв}$	b	d_1	h	r	r_1
10…50	3,0	$d_{вал}$ - 0,5	0,3	1,0	0,5
50…100	5,0	$d_{вал}$ - 1,0	0,5	1,6	
>100	8,0			2,0	1,0
	10			3,0	

Рис.3.17. Канавки для выхода шлифовального круга при шлифовании по цилиндру



Размеры канавки, мм	Размеры, мм				
	1	1,25	1,5	1,75	2
b	3	4			5
r	1	1			1,5
r_1	0,5	0,5			
$d_к$	$d_р$-1,5	$d_р$ -1,8	$d_р$ -2,2	$d_р$ -2,5	$d_р$ -3

Рис.3.18. Канавки для выхода резьбонарезного инструмента

3.15. Разработка рабочих чертежей деталей.

Рабочие чертежи деталей (рис. П.104…106) должны содержать минимальное количество проекций, видов, разрезов и сечений, достаточное для понимания формы детали и простановки размеров.

Все детали типа тел вращения (валы, колеса и т.п.) следует располагать на чертеже так, чтобы их ось была параллельна основной надписи чертежа, независимо от их рабочего положения.

На рабочем чертеже детали должны быть указаны исчерпывающие данные, необходимые для ее изготовления и контроля:

- размеры;
- предельные отклонения(допуски) на посадочные и цепные размеры;
- предельные отклонения формы и взаимного расположения поверхностей (табл. П.55…П.58);
- допустимые величины шероховатости поверхности (табл. П.59, П.60);
- марка материала;
- технические требования (твердость материала, формовочные и штамповочные уклоны, радиусы, размеры для справки, неуказанные предельные отклонения размеров: отверстий + t, валов – t, остальных ± t/2 среднего (грубого, точного) класса точности и др.);
- таблица основных геометрических параметров для деталей зубчатых передач.

3.16. Спецификации.

Спецификации сборочного чертежа редуктора и чертежа общего вида привода (рис. 6.5.) выполняются по стандартной форме. Разделы спецификации располагаются в следующем порядке:

1. Документация.
2. Сборочные единицы.
3. Детали.
4. Стандартные изделия.

4. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРИВОДА С ОДНОСТУПЕНЧАТЫМ ЗУБЧАТЫМ КОНИЧЕСКИМ РЕДУКТОРОМ.

4.1. Выбор электродвигателя. Кинематический м силовой расчет привода.

Выполнение этого подраздела производится аналогично тому, как это сделано в подразделе 3.1. Результаты кинематического и силового расчета заносятся в табл.4.1.

Таблица 4.1.

№ вала	n, мин$^{-1}$	ω,с$^{-1}$	P, Вт	T, Н·м
0				
1				
2				
3				

4.2. Расчет редукторной передачи.

На основании требований технического задания и результатов кинематического и силового расчета привода определяем исходные данные для расчета передачи (табл. 4.2.).

Таблица 4.2.

Наименование	Размерность	Обозначение	Величина
Крутящий момент на колесе	Н·м	T_2	
Частота вращения колеса	мин$^{-1}$	n_2	
Передаточное число		$u_{ред}$	
Тип передачи(реверсивная или нереверсивная, открытая или закрытая, прямозубая или косозубая)			
Срок службы передачи	год	$L_Г$	
Коэффициент использования передачи в течение года		$K_г$	
Коэффициент использования передачи в течение суток		$K_с$	

Предварительно выбираем материал со средними механическими характеристиками (табл. П.4): для шестерни – сталь 40Х,

термообработка – улучшение, твердость НВ 269…302; для колеса – сталь 40Х, термообработка - улучшение, твердость НВ 235…262.

Определяем допускаемые напряжения для шестерни и колеса по табл. П.5 и П.6., где принимаем коэффициенты долговечности k_{HL}=1, k_{FL}=1 для редуктора с длительной эксплуатацией; средняя твердость для шестерни $HB_{ср}$= (269+302)/2, для колеса $HB_{ср}$ = (235+262)/2.

Определяем внешний делительный диаметр колеса d_{e2}, мм; числа зубьев шестерни z_1 и колеса z_2; фактическое передаточное число $u_ф$; средний окружной модуль m, мм и внешний окружной модуль m_e, мм (табл. П.61).

Выполняем расчет основных геометрических параметров передачи (табл. П.64).

Проверяем пригодность заготовок колес (табл. П.11).

Проверяем передачу на контактную (табл.П.60) и изгибную (табл.П.70) выносливость и на кратковременную перегрузку (табл.П.21).

4.3.Расчет открытых передач.

Выполнение этого подраздела производится аналогично тому, как это сделано в подразделе 3.3.

4.4. Нагрузка валов редуктора.

На основании требований технического задания составляем схему сил в зацеплении редуктора (рис.4.1.).

Силы в зацеплении:

окружная сила на шестерне и колесе, Н:

$$F_{t1} = F_{t2} = 2M_1/d_1;$$

радиальная сила на шестерне и осевая сила на колесе, Н:

$$F_{a1} = F_{r2} = F_{t1}\text{tg}\alpha\ \cos\delta_1,$$

где угол зацепления $\alpha=20^\circ$; d_1 – средний делительный диаметр шестерни; δ_1 – угол делительного конуса.

В конической передачи с круговыми зубьями:

$$F_{r1} = F_{t1}(\text{tg}\alpha\ \cos\delta_1 \pm \sin\delta_1 \cdot \sin\beta_n)/\cos\beta_n;$$

$$F_{a1} = F_{t1}(\text{tg}\alpha \cdot \sin\delta_1 \pm \cos\delta_1 \cdot \sin\beta_n)/\cos\beta_n,$$

где β_n = 35° - средний угол наклона линии зуба; нижний знак в первом уравнении и верхний знак во втором уравнении ставится в том случае, когда направление вращения ведущего колеса (шестерни) и направление линии зуба совпадают (направление вращения по часовой стрелке – правое).

Консольная нагрузка на выходные концы валов редуктора определяется так же, как в подразделе 3.4.

4.5. Проектный расчет валов. Эскизная компоновка редуктора.

Определяем диаметры ступеней быстроходного вала (вал-шестерни) (рис.4.2).

Диаметр выходного конца вала $d_{в1}$ определяем так же, как и в подразделе 3.5.

Диаметр вала под уплотнение, мм:

$$d_{уп1} = d_{в1} + (4\ldots10).$$

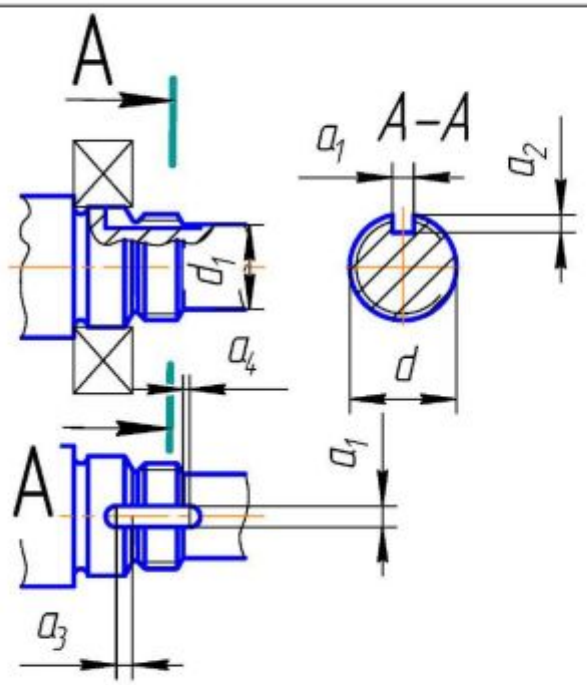
Диаметр вала под резьбу $d_{р1}$ определяется по табл.4.2.

Диаметр вала под подшипники $d_ш = d_{р1} + (2\ldots4)$, принимаем целое число кратное 5.

Диаметр упорной ступени вала $d_{y1} = d_ш + (4\ldots10)$.

Диаметры ступеней тихоходного вала (рис.4.3) определяем также, как и в подразделе 3.5.

Таблица 4.2



Резьба *d*	a	a	a	a	a
M20*1.5	6	2	3.5	1.0	16.5
M22*1.5	6	2	3.5	1.0	18.5
M24*1.5	6	2	3.5	1.0	20.5
M27*1.5	6	3	4.0	1.5	23.5
M30*1.5	6	3	4.0	1.5	26.5
M33*1.5	6	3	4.0	1.5	29.5
M36*1.5	6	3	4.0	1.5	32.5
M39*1.5	6	3	4.0	1.5	35.5
M42*1.5	8	3	5.0	1.5	38.5
M45*1.5	8	3	5.0	1.5	41.5
M48*1.5	8	3	5.0	1.5	44.5
M52*1.5	8	3	5.0	1.5	48.0
M56*2.0	8	3	5.0	1.5	52.0
M60*2.0	8	3	6.0	1.5	56.0

Для тихоходного вала выбираем материал – сталь 40Х, термообработка – улучшение.

Твердость НВ 232…264 (табл.11.4).

Эскизная компоновка (рис.4.4) выполняется на миллиметровой бумаге формата А1 карандашом в тонких линиях, желательно в

масштабе 1:1 и должна содержать одну проекцию – разрез по осям валов.

Предварительно выбираем роликовые конические радиально-упорные подшипники (табл. П.35). Параметры подшипников средней (легкой) серии выбираем по диаметру $d_{П1}$ и $d_{П2}$ (табл. П.39) и заносим их в табл. 4.3.

Таблица 4.3

Вал	Подшипники					
	Обозначение	*d? D? B* (*T*), мм	C_r, кН	G_o, кН	α, град	*e*
Быстроходный Б1 Тихоходный Т2						

Расстояния Δ_3, a_1,a_2 ,l_3 определяем так же, как и в подразделе 3.5. Выбираем смазывание подшипников пластическим смазочным материалом, т.к. один из подшипников быстроходного вала удален. Поэтому принимаем расстояние от торца подшипников до внутренней стенки корпуса редуктора Δ_3=10 мм для установки мазеудерживающих колец.

Расстояние от точки приложения радиальной реакции подшипника до точки приложения силы давления ременной передачи $l_0=d_{П1}+0{,}65d_{b1}+a_1$.

Диаметры ступицы колеса, мм:

$$d_{cm2}=1{,}6d_{k2}.$$

Длина ступицы колеса, мм:

$$L_{cm2}=(1{,}2\ldots1{,}5)d_{k2}.$$

Толщина обода колеса, мм:

$$\delta_0=(3\ldots4)m.$$

Диаметр и длину ступицы и толщину обода округлить до ближайшего стандартного значения из ряда Ra 40.

Зазор между торцом ступицы и внутренней стенкой корпуса $\Delta_1=1{,}2\cdot\delta$, где $\delta=0{,}05R_e+1$- толщина стенки корпуса редуктора ($\delta\geq 8$мм).

Зазор между колесом и внутренней стенкой корпуса $\Delta_2=\delta$.

Зазор между колесом и дном корпуса $\Delta_0\geq 4\delta$.

Принимаем расстояние между реакциями подшипников быстроходного вала $c\approx(1{,}4\ldots2{,}3)f_1$, где f_1 – расстояние от среднего делительного диаметра шестерни (d_1) до реакции подшипника, определенное замером.

Измерением находим расстояние A от линии реакции подшипника до оси быстроходного вала и расстояния c_2 и f_2.

4.6. Определение опорных реакций. Построение эпюр моментов. Проверочный расчет подшипников.

Пример расчетной схемы вала - шестерни приведен на рис.4.5.

Реакции в опорах A и B, Н:

в плоскости XZ

$$R_{XB}=F_{t1}\cdot f_1/c_1\ ;\ R_{XA}=F_{t1}(f_1+c_1)/c_1;$$

проверяем: $R_{XB}+F_{t1}-R_{XA}=0$

в плоскости YZ

$$R_{YB}=\frac{F_{r1}\cdot f_1-0{,}5F_{a1}\cdot d_1}{c_1},$$

$$R_{YA}=\frac{F_{r1}(c_1+f_1)-0{,}5F_{a1}\cdot d}{c_1};$$

проверяем $R_{YB}+F_{r1}-R_{YA}=0$.

Суммарные реакции в опорах, Н:

$$F_{rA}=\sqrt{R_{XA}^2+R_{YA}^2},$$

$$F_{rB}=\sqrt{R_{XB}^2+R_{YB}^2}.$$

Осевые составляющие радиальных реакций подшипников:

$$S_A=0{,}83eF_{rA}\ ;\ S_B=0{,}83eF_{rB}.$$

Определяем осевые нагрузки подшипников:

принимаем $F_{aA}=S_A$, тогда $F_{aB}=F_{a1}-S_A$,

если $F_{aB} < S_B$,то принимаем $F_{aB} = S_B$, тогда $F_{aA} = S_B - F_{a1}$.

Эквивалентные нагрузки подшипников, Н:

$P_{ЭA} = (XVF_{rA} + YF_{aA})k_T k_б$; $P_{ЭB} == (XVF_{rB} + YF_{aB})k_T k_б$,

где коэффициент вращения V=1; температурный коэффициент k_T=1; коэффициент безопасности $k_б$=1 при спокойной нагрузке (без толчков), $k_б$=1…1,2 при легких толчках, $k_б$=1,3…1,8 при умеренных толчках (редукторы всех типов); коэффициенты XиY определяются по табл. П.40.

Расчетную долговечность определяем по наиболее нагруженному подшипнику:

$$L_h = \left(\frac{C_к}{P_Э}\right)^3 \cdot \frac{10^6}{60n_1} \geq L_{hTp},$$

где L_{hTp} – требуемая долговечность (см. подраздел 3.6).

Пример расчетной схемы тихоходного вала приведен на рис. 4.6. Дальнейший расчет аналогичен расчету быстроходного вала-шестерни.

4.7. Конструктивная компоновка привода.

Конструктивная компоновка редуктора (рис.4.7) выполняется на базе эскизной компоновки (рис.4.4).

Коническую шестерню выполняем заодно с валом (вал-шестерня). Конструктивные размеры конического колеса (рис. 4.8) приведены в табл. 4.4. Конструктивные размеры корпуса редуктора приведены в подразделе 3.7 (рис. 3.12; табл. 3.8). Для заливки масла и осмотра передачи в крышке корпуса делаем окно, закрываемое крышкой (табл. 3.12). Под крышку люка ставим прокладки из картона или резины. В основании корпуса делаем отверстия под маслоуказатель (рис. 3.13) и сливную пробку (табл. 3.13). Маслоуказатель и сливную пробку устанавливаем с прокладками из маслостойкой резины.

Между торцами подшипников и упорными буртиками валов (ступицей колеса) устанавливаем мазеудерживающие кольца (рис.

3.14). Подшипники быстроходного вала размещаем в стакане (рис. 4.9; табл. 4.5). Взаимное расположение подшипников фиксируем распорной втулкой, кольцом и шлицевой гайкой со стопорной шайбой (табл. П72 и П. 73)

Устанавливаем крышки подшипников глухие (табл. 3.14) и сквозные с манжетными уплотнениями (табл. П.41). Наружные кольца подшипников фиксируем торцевыми выступами крышек через распорные кольца. Под крышки подшипников и стакан устанавливаем металлические прокладки для регулировки.

Конструктивное оформление валов и конструирование рамы привода выполняется так же, как в подразделе 3.7.

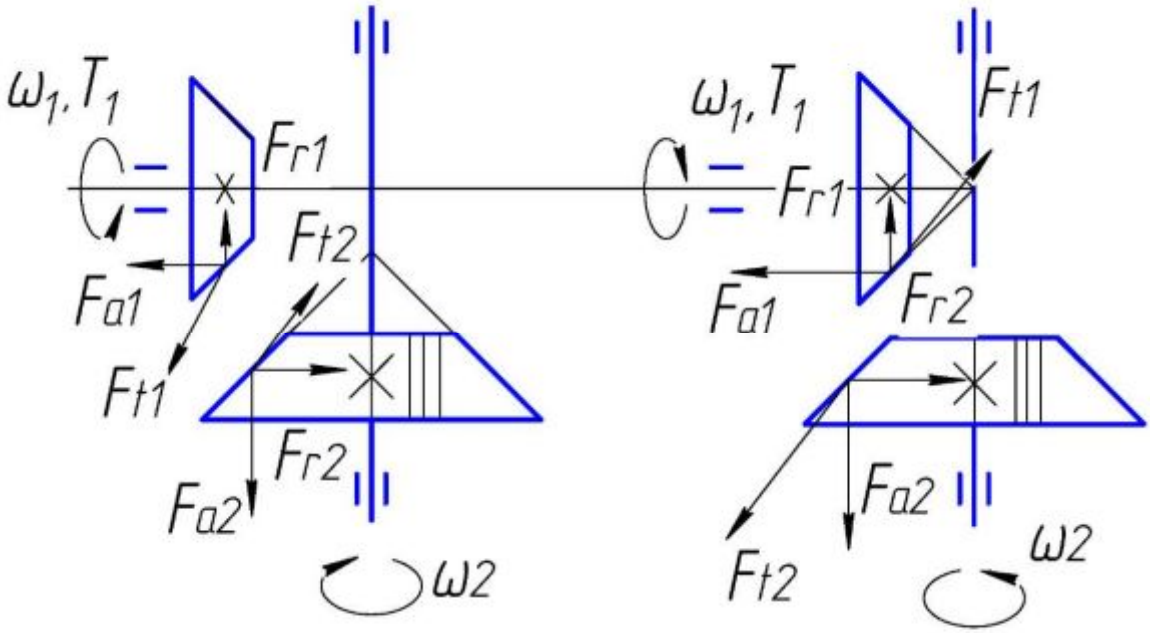


Рис.4.1 Схема сил в зацеплении конической прямозубой передачи при различных направлениях вращения двигателя.

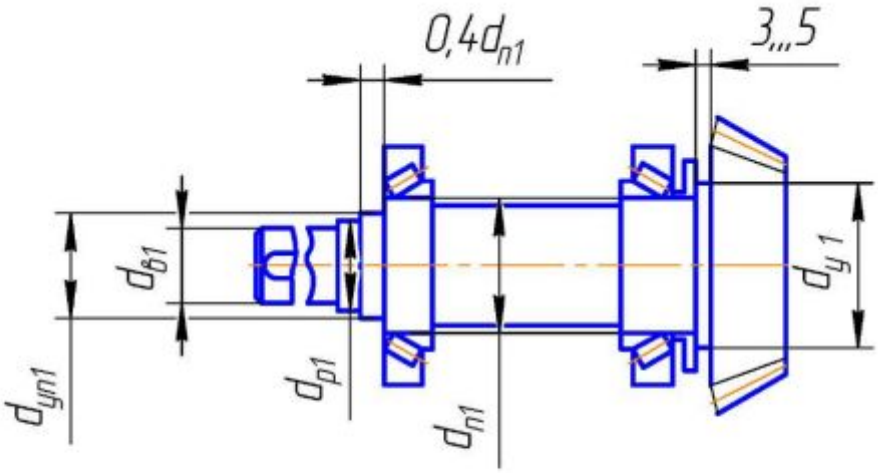


Рис.4.2 Типовая конструкция быстроходного вала редуктора

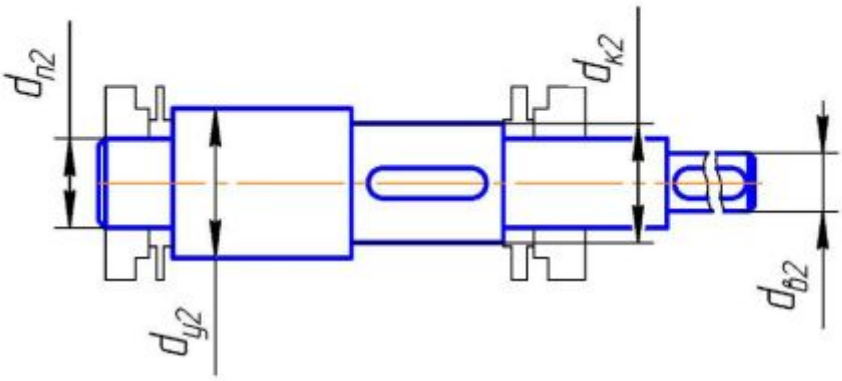


Рис.4.3 Типовая конструкция тихоходного вала

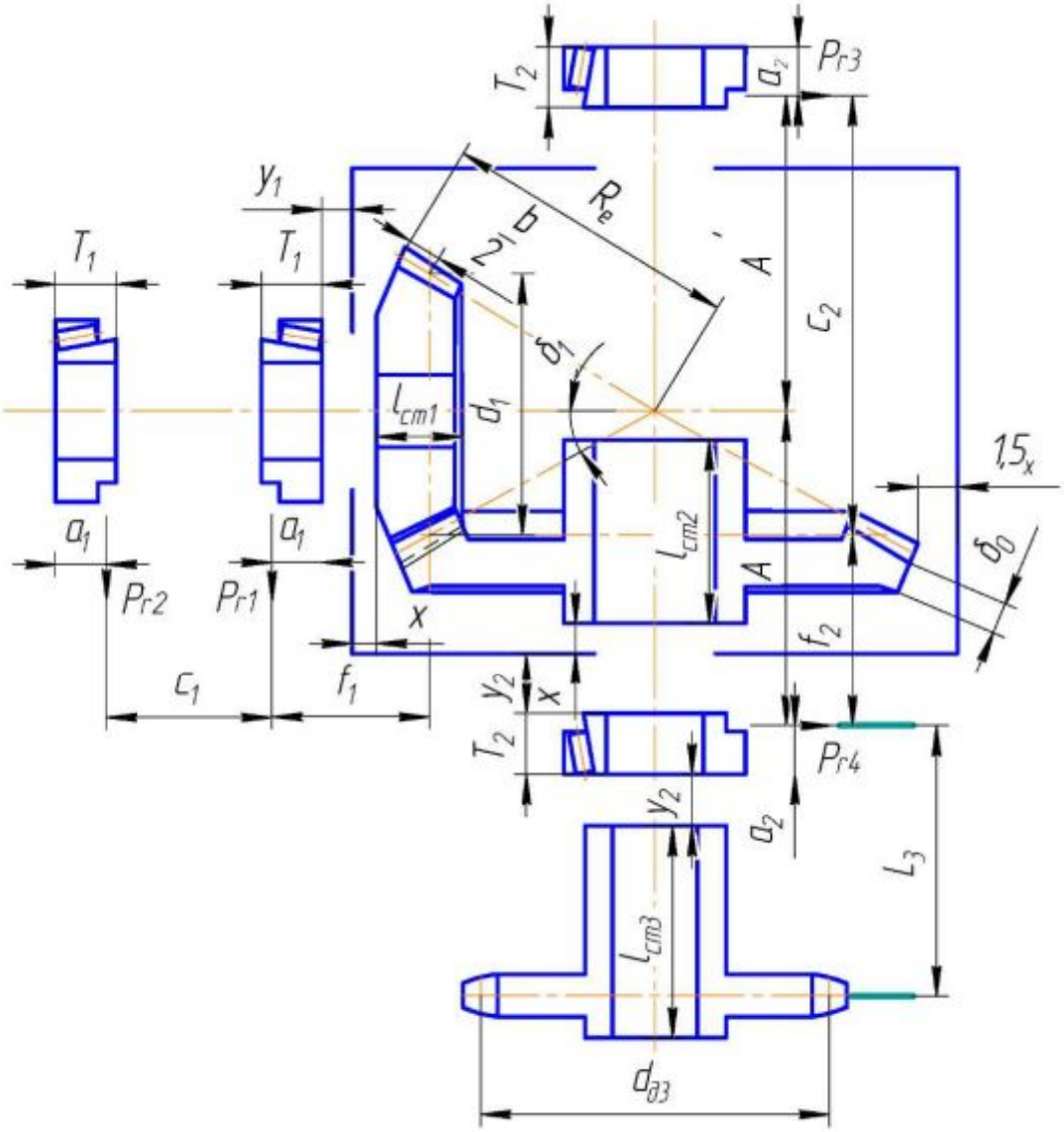


Рис. 4.4 Пример эскизной компоновки конического редуктора

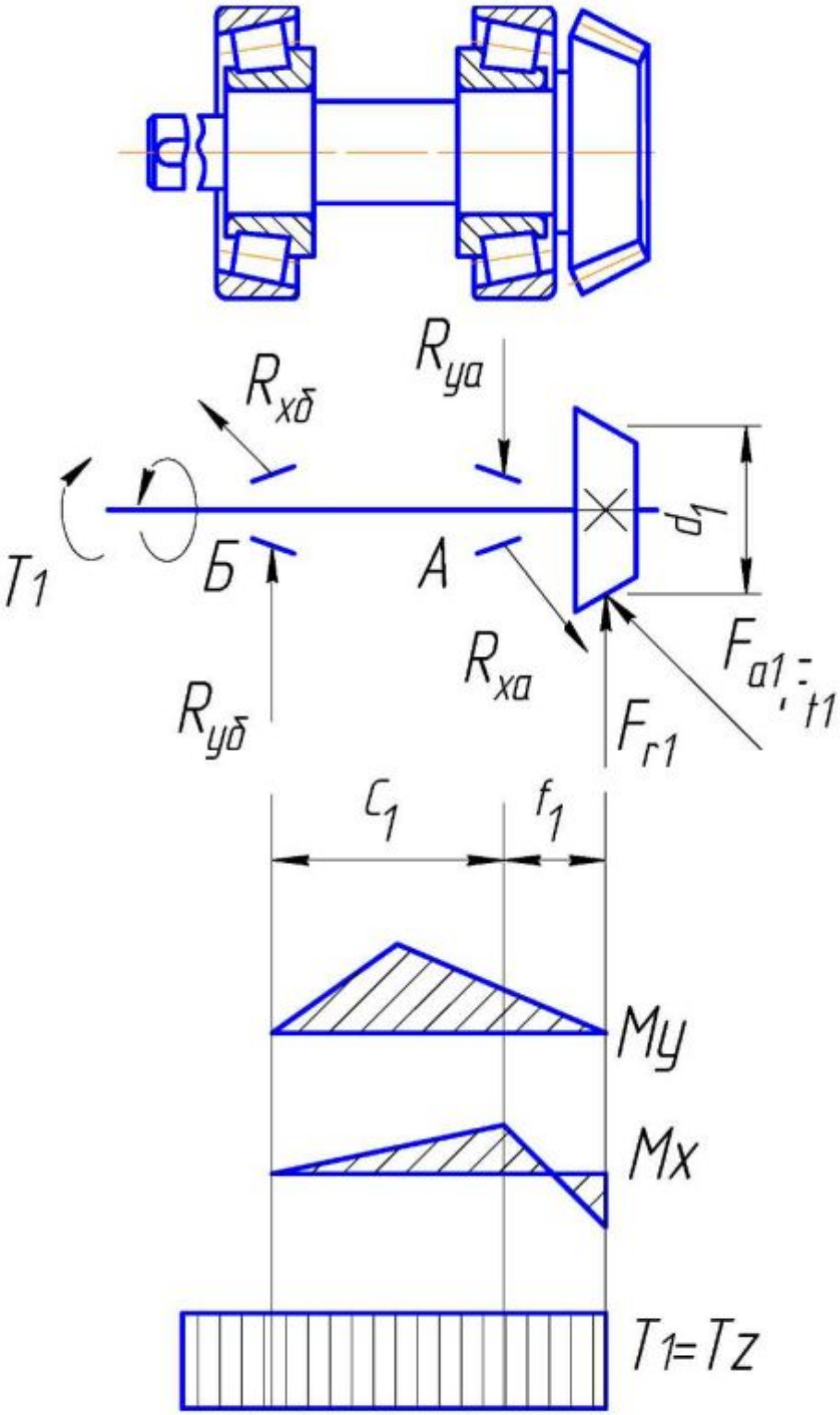


Рис. 4.5 Расчётная схема вала - шестерни

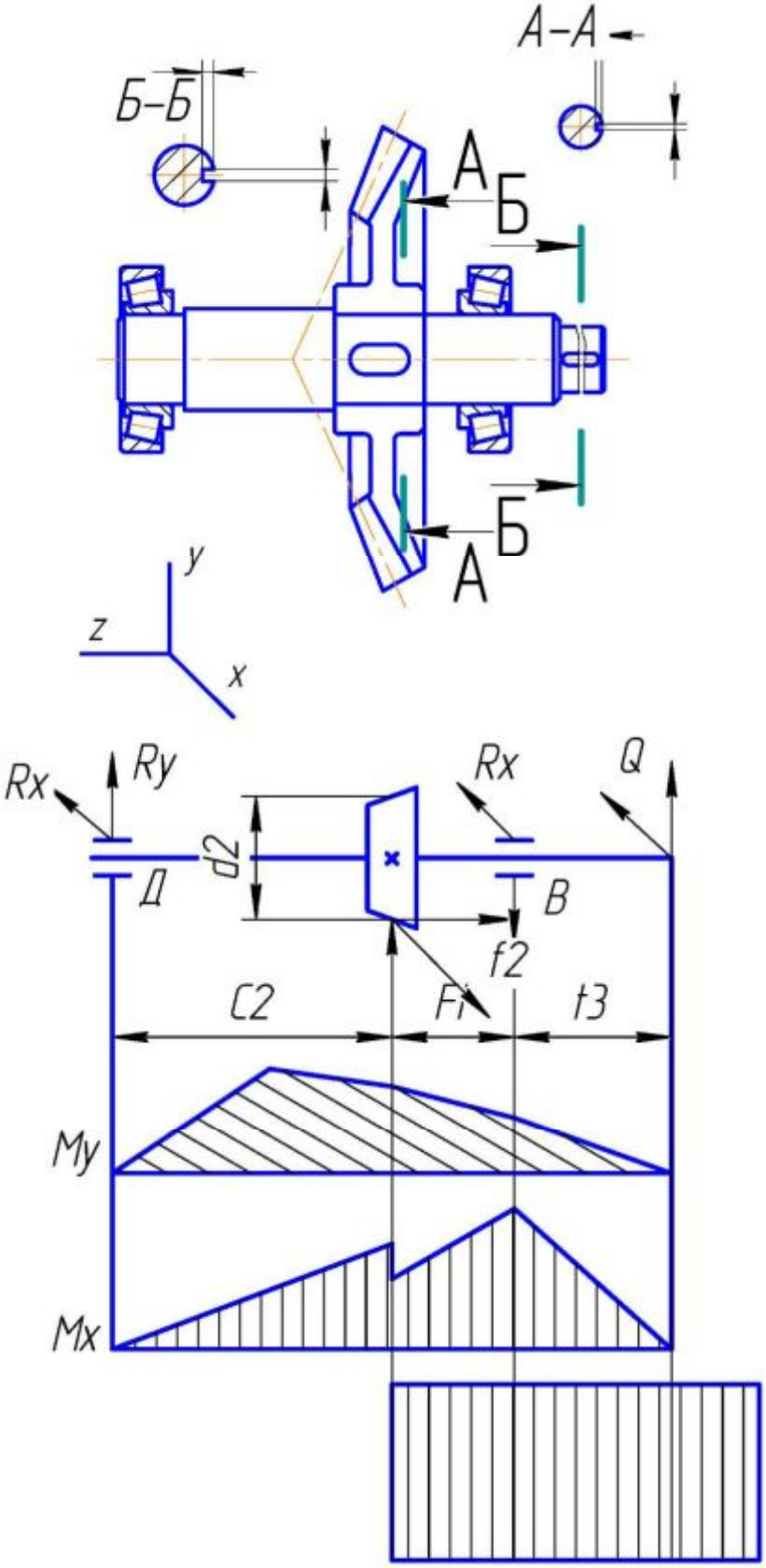


Рис. 4.6. Расчетная схема тихоходного вала.

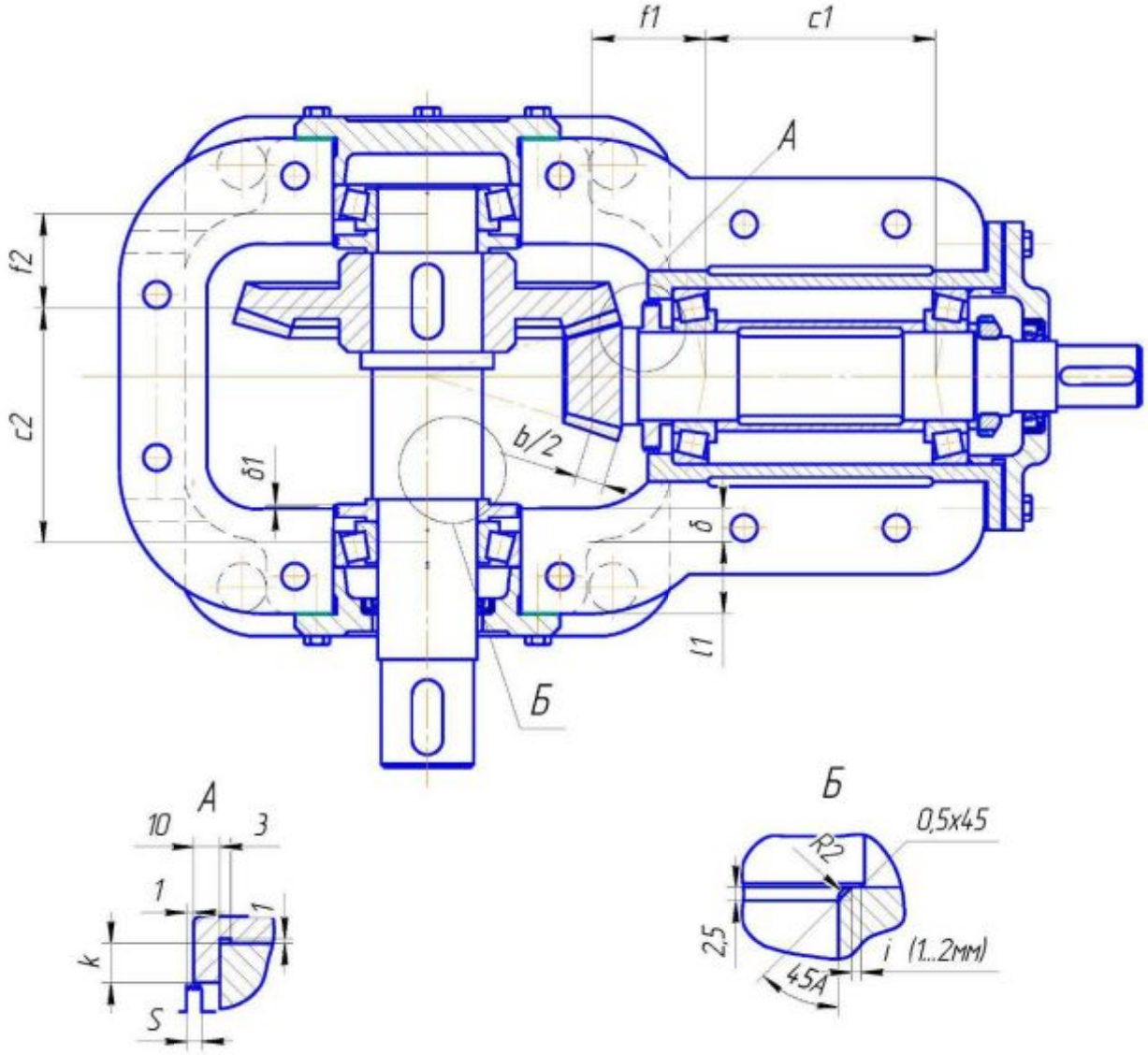


Рис. 4.7 Пример конструктивной компоновки конического редуктора.

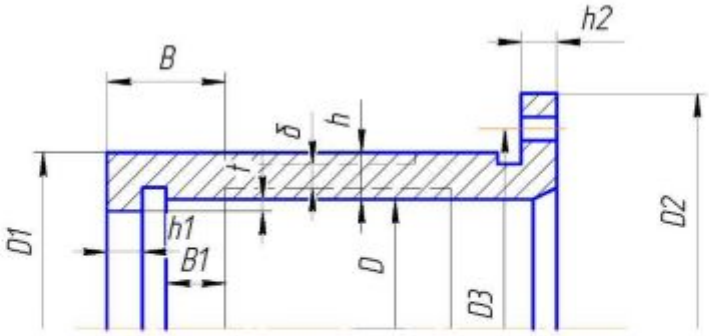
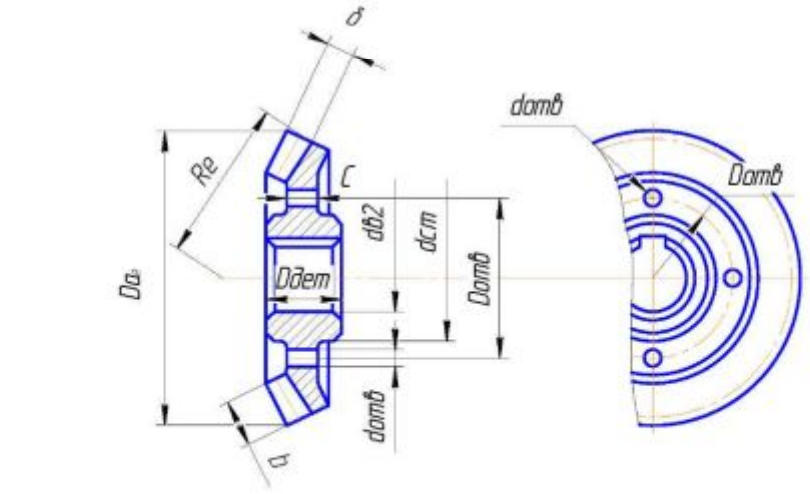
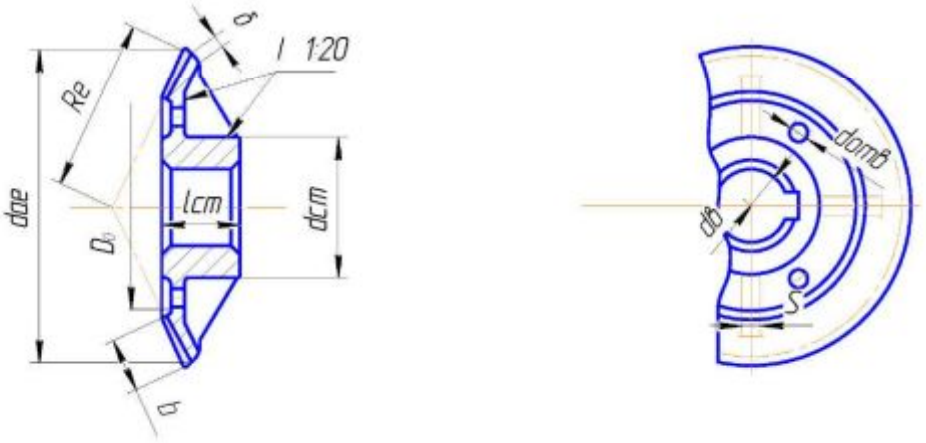


Рис. 4.9. Конструкция стакана.





б

Рис. 4.8 Конструкция конического колеса. а – штампованное колесо при d_{ae}≤500 мм, б – литое колесо при d_{ae}>500 мм.

Таблица 4.4

Параметры	Формулы	Величина, мм
Диаметр ступицы стальных колес	$d_{ст} \approx 1{,}6 d_{к2}$	
Диаметр ступицы чугунных колес	$d_{ст} \approx 1{,}8 d_{к2}$	
Длина ступицы	$l_{ст}=(1{,}2 \ldots 1{,}5)\, d_{к2}$	
Толщина обода	$\delta=2{,}5 m_{te}$ (m_e), но не менее 8 мм. $\delta_0 = \delta/2$	
Ширина обода	$b_0 = \delta$	
Толщина диска	$c=(0{,}2 \ldots 0{,}3)b$	
Диаметр центровой окружности	$D_{отв}=0{,}5(D_0 + d_{ст})$	
Диаметр отверстий (в шестернях малых размеров отверстия не делают)	$d_{отв} \approx 0{,}25(D_0 - d_{ст})$	
Толщина ребер	$s=0{,}8C$	
Фаска	$n \approx 0{,}5 m_n$	
Радиусы закруглений и уклоны	$R \geq 10$, $\gamma \geq 7^0$	

Таблица 4.5

Параметры	Формулы	Величина, мм
Толщина стенки	h=4…5 при D≤50 h=6…8 при 50<D≤80 h=8…10 при 80<D≤120 h=10…12,5 при 120<D≤170 D наружний диаметр подшипника, $\delta = h - (1…1,5)$	
Толщина упорного буртика	$h_1 = h$	
Толщина фланца	$h_2 = 1,2h$	
Высота упорного буртика	t=(1,2…1,5)r r – радиус скругления кольца подшипника	
Ширина опорной поверхности	$B_1 \approx 1,2B$ $B_2 \approx (1,3…1,5)B$ B – ширина подшипника	

4.8. Смазывание редуктора.

Для зубчатого зацепления применяется картерное смазывание при окружной скорости V≤ 12м/с. Зубья конического колеса или шестерни должны быть полностью погружены в масляную ванну. Объем масляной ванны определяется из расчета 0.4…0.8 л масла на 1 кВт передаваемой мощности. Сорт масла выбираем по табл.П.44.

Подшипники смазываются пластичной (консистентной) смазкой, закладываемой в подшипниковый узел при сборке до 2/3 свободного объема при n 1500 мин$^{-1}$ и до 1/3…1/2 свободного объема при n >1500 мин$^{-1}$. Сорт смазки – солидол жировой УС-1.

4.9. Выбор муфты.

Выбор муфты производится аналогично тому, как это сделано в подразделе 3.9.

4.10. Расчет шпоночных соединений.

Расчет шпоночных соединений производится так же, как в подразделе 3.10.

4.11. Утонченный расчет валов.

Определение коэффициентов запаса прочности в опасных сечениях быстроходного вала-шестерни и тихоходного вала следует проводить аналогично тому, как это сделано в подразделе 3.11.

4.12. Сборка редуктора.

Сборка конического редуктора выполняется аналогично сборке цилиндрического редуктора. Регулирование роликовых конических подшипников (создание в подшипниках зазора оптимальной величины) производится набором тонких металлических прокладок, устанавливаемых под фланцы крышек подшипников.

Регулирование конического зубчатого зацепления (обеспечение совпадения вершин конусов) осуществляется набором металлических прокладок, которые устанавливаются под фланец стакана и фланцы крышек подшипников тихоходного вала.

4.13. Разработка сборочного чертежа редуктора, чертежа общего вида привода, рабочих чертежей деталей и спецификаций.

Разработка сборочных чертежей конического редуктора (рис. 6.4. П98…101, П103), чертежей общего вида привода, рабочих чертежей деталей (рис. П.104, П.106, П.109, П.110) и спецификаций производится аналогично тому, как это сделано в подразделе 3.13, 3.14, 3.15 и 3.16.

5. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРИВОДА С ЧЕРВЯЧНЫМ РЕДУКТОРОМ.

5.1. Выбор электродвигателя. Кинематический и силовой расчет привода.

Выполнение этого подраздела производится аналогично тому, как это сделано в подразделе 3.1. Следует принять к.п.д. редуктора $\eta_{рсд}$=0.8 (табл. П.1.).

Результаты кинематического и силового расчета привода приведем в табл.5.1.

Таблица 5.1.

№ вала	n, мин$^{-1}$	ω,с$^{-1}$	P, Вт	T, Н·м
0				
1				
2				
3				

5.2. Расчет редукторной передачи.

На основании требований технического задания и результатов кинематического и силового расчета привода определяем исходные данные для расчета передачи (табл. 5.2.).

Выбираем материал червяка (табл. П.74) и материал зубчатого венца колеса (табл. П.75).

Таблица 5.2.

Наименование	Размерность	Обозначение	Величина
Крутящий момент на колесе	Н·м	T_2	
Частота вращения колеса	мин$^{-1}$	n_2	
Передаточное число		$u_{ред}$	
Тип передачи (реверсивная или нереверсивная)			
Срок службы передачи	год	$L_Г$	
Коэффициент использования передачи в течение года		$K_г$	
Коэффициент использования передачи в течение суток		$K_с$	

Определяем допускаемые напряжения для колеса (табл. П.76).

Определяем число заходов червяка z_1, число зубьев колеса z_2; коэффициент диаметра червяка q, межосевое расстояние a_W, и модуль m, мм (табл. П.77).

Выполняем расчет основных геометрических параметров передачи (табл. П.80).

Проверяем передачу на контактную (табл. П.81) и изгибную (табл. П.84) прочность и кратковременную перегрузку (табл. П.21).

5.3.Расчет открытых передач.

Выполнение этого подраздела производится аналогично тому, как это сделано в подразделе 3.3.

5.4. Нагрузка валов редуктора.

На основании требований технического задания составляем схему сил в зацеплении редуктора (рис.5.1.).

Силы в зацеплении:

окружная сила на червяке и осевая сила на колесе, Н:

$$F_{t1} = F_{a2} = 2T_1/d_1;$$

окружная сила на колесе и осевая сила на червяке, Н:

$$F_{t2} = F_{a1} = 2T_2/d_2,$$

радиальная сила на колесе и червяке, Н:

$$F_{r2} = F_{r1} = F_{t2}\mathrm{tg}\alpha,$$

где угол зацепления $\alpha = 20^\circ$; d_1 – делительный диаметр червяка; d_2 – делительный диаметр колеса.

Консольная нагрузка на выходные концы валов редуктора определяется так же, как в подразделе 3.4.

5.5. Проектный расчет валов. Эскизная компоновка редуктора.

Диаметры ступеней быстроходного вала (вал-червяк) (рис.5.2) и тихоходного вала (рис. 5.3) определяем так же, как в подразделе 3.5.

Для тихоходного вала выбираем материал – сталь 40Х, термообработка – улучшение, твердость *HB* 232…264 (табл. П.4).

Эскизная компоновка (рис.5.4) выполняется на миллиметровой бумаге формата А1 карандашом в тонких линиях, желательно в масштабе 1:1 и должна содержать две проекции – разрезы по оси червяка и колеса.

Диаметр ступицы червячного колеса, мм:

$$d_{ст}=(1,6\ldots1,8)d_{к2}.$$

Длина ступицы червячного колеса, мм:

$$l_{ст}=(1,2\ldots1,8)d_{к2}.$$

Диаметр и длину ступицы червячного колеса округлить до ближайшего стандартного значения из ряда *Ra* 40.

Зазор между торцом ступицы червячного колеса стенкой корпуса $\Delta_1=1,2\delta$, где $\delta=0,04a_W+2$ – толщина стенки корпуса редуктора ($\delta\geq8$ мм).

Зазор между червячным колесом и внутренней стенкой корпуса $\Delta_2=\delta$.

Зазор между червяком и дном корпуса $\Delta_0\geq4\delta$.

Предварительно выбираем радиально-упорные подшипники (табл. П. 35): шариковые для вала – червяка и роликовые конические для вала червячного колеса, и схему установки подшипников «враспор» (табл. П.36). Параметры подшипников средней (легкой) серии выбираем по диаметру $d_{П1}$, $d_{П2}$ (табл. 38, П.39) и заносим их в табл. 5.3.

Таблица 5.3

Вал	Подшипники					
	Обозначение	*d? D? B* (*T*), мм	C_r, кН	G_o, кН	α, град	*e*
Быстроходный Б1 Тихоходный Т2						

Расстояния Δ_3, a_1,a_2 ,l_3 и l_0 определяем так же, как и в подразделе 3.5.

Измерением находим расстояние l_2 между реакциями в опорах тихоходного вала.

5.6. Определение опорных реакций. Построение эпюр моментов. Проверочный расчет валов и подшипников.

Пример расчетной схемы вала - червяка приведен на рис.5.5.

Реакции в опорах *A* и *B*, Н:

в плоскости *XZ*

$$R_{XA} = R_{XB} = F_{t1}/2,$$

в плоскости YZ

$$R_{YA} = 0{,}5(F_{a1}\, d_1 - F_{r1} l_1)/l_1,$$

$$R_{YB}=0{,}5(F_{a1}\, d_1 + F_{r1} l_1)/l_1,$$

проверяем $R_{YA} + R_{YB} = F_{r1}$.

Суммарные реакции в опорах, Н:

$$F_{rA}=\sqrt{R_{XA}^2 + R_{YA}^2}\,,$$

$$F_{rB}=\sqrt{R_{XB}^2 + R_{YB}^2}\,.$$

Осевые составляющие радиальных реакций подшипников:

$$S_A=eF_{rA}\,;\; S_B=eF_{rB}.$$

Определяем осевые нагрузки подшипников:

принимаем $F_{aA}=S_A$, тогда $F_{aB}=F_{a1}+S_A$, если $F_{aB} < S_B$,то принимаем $F_{aB}= S_B$, тогда $F_{aA}= S_B-F_{a1}$.

Эквивалентные нагрузки подшипников, Н:

$P_{эA}=(XVF_{rA}+YF_{aA})k_T k_б$; $P_{эB}==(XVF_{rB}+YF_{aB})k_T k_б$,

где коэффициент вращения V=1; температурный коэффициент k_T=1; коэффициент безопасности $k_б$=1 при спокойной нагрузке (без толчков), $k_б$=1…1,2 при легких толчках, $k_б$=1,3…1,8 при умеренных толчках (редукторы всех типов); коэффициенты X и Y определяются по табл. П. 40.

Расчетную долговечность определяем по наиболее нагруженному подшипнику:

$$L_h=\left(\frac{C_к}{P_э}\right)^{10/3}\cdot\frac{10^6}{60n_1}\geq L_{hTp},$$

где L_{hTp} – требуемая долговечность (см. подраздел 3.6).

Пример расчетной схемы тихоходного вала приведен на рис. 5.6.

Реакции в опорах C и D, Н:

в плоскости XZ

$$R_{ZD} = R_{ZC} = F_{t2}/2,$$

в плоскости YZ

$$R_{YC} = (F_{a2}\, d_2/2 - F_{r2}l_2)/l_2,$$
$$R_{YD}= (F_{a2}\, d_2/2 + F_{r2}l_2)/l_2,$$

проверяем $R_{YC} +R_{YD} = F_{YD}$.

Суммарные реакции в опорах, Н:

$$F_{rD}=\sqrt{R_{ZA}^2 + R_{YD}^2},$$
$$F_{rC}=\sqrt{R_{ZC}^2 + R_{YC}^2}.$$

Осевые составляющие радиальных реакций подшипников:

$$S_C=0{,}83eF_{rC}$$
$$S_D=0{,}83eF_{rD}.$$

Определяем осевые нагрузки подшипников:

принимаем $F_{aC}=S_C$, тогда $F_{aD}=F_{a2}+S_C$, если $F_{aD} < S_D$,то принимаем $F_{aD}= S_D$, тогда $F_{aC}= S_D-F_{a2}$.

Эквивалентные нагрузки подшипников, Н:

$$P_{ЭC}=(XVF_{rC}+YF_{aC})k_T \cdot k_б;$$

$$P_{ЭD}=(XVF_{rD}+YF_{aD})k_T \cdot k_б,$$

где коэффициенты X и Y определяются по табл. П. 40.

Долговечность определяем по наиболее нагруженному подшипнику. Расчетная долговечность:

$$L_h=\left(\frac{C_к}{P_э}\right)^{10/3} \cdot \frac{10^6}{60n_1} \geq L_{hтр}.$$

5.7. Конструктивная компоновка привода.

Конструктивная компоновка редуктора (рис.5.7) выполняется на базе эскизной компоновки (рис.5.4).

Червяк выполняется заодно с валом (вал - червяк). Конструктивные размеры червячного колеса (рис. 5.8) приведены в табл. 5.4. Конструктивные размеры корпуса редуктора приведены в подразделе 3.7 (рис. 3.14; табл. 3.8). Для заливки масла и осмотра передачи в крышке корпуса делаем окно, закрываемое крышкой с отдушиной (табл. 3.12). Под крышку люка ставим прокладки из картона или резины толщиной 1,5…3 мм. В основании корпуса делаем отверстия под трубчатый маслоуказатель (рис. 3.15) и сливную пробку (табл. 3.13). Маслоуказатель и сливную пробку устанавливаем с прокладками из маслостойкой резины.

Между торцами подшипников и ступицы червячного колеса ставим распорную втулку (толщина стенки $(0,1…0,15)d_П$). Правый подшипник вала – червяка размещаем в стакане из чугуна СЧ15 (толщина стенки $(0,08…0,12)D$, где D – наружный диаметр подшипника), так как диаметр вершин витков червяка $d_{a1} > D$.

Устанавливаем крышки подшипников глухие (рис. 3.14) и сквозные с манжетными уплотнениями (табл. П. 41). Под крышки устанавливаем металлические прокладки для регулировки.

Таблица 5.4

Параметры	Формулы	Величины, мм
Диаметр ступицы	$d_{ст} = (1.6 \ldots 1.8)d_{к2}$	
Длина ступицы	$L_{ст}=(1.2 \ldots 1.7)d_{к2}$	
Толщина диска	$C=0.25b_2$	
Радиусы закруглений, уклоны	$R\geq 10$ мм, $\gamma \geq 7$?	
Диаметр отверстий	$d_{отв} =(D_0-d_{ст})/4$	
Диаметр центровой окружности	$D_{отв}=0.5(D_0+d_{ст})$	
Толщина обода	$\delta_1=\delta_2=2m$	
Фаски	$n=0.5m$, с округлением до стандартного значения табл. 3.6	
Диаметр винта	$d_{винт}=(1.2 \ldots 1.4)m$	
Длина ввинчивания	$L_{винт}=(0.3 \ldots 0.4)b_2$	
Смещение	$F=0.2d_{винт}$	
Высота буртика	$H=0.8t$	
Ширина буртика	$t\approx 0.15b_2$	

Конструирование валов и рамы привода выполняется так же, в подразделе 3.7.

5.8 Тепловой расчет редуктора.

Рабочую температуру масла в редукторе $T_м$ определяем по табл. П.87. Расчётное значение температуры масла должно быть не выше допускаемого $[T_м]$=95?С.

5.9 Смазывание редуктора.

Картерное смазывание для червячного зацепления применяют при скорости скольжения $V_S \leq 10$ м/с. При больших скоростях применяют циркуляционное смазывание.

Червячное колесо погружают в масло на глубину $h_м = 2.2m \ldots 0.25d_2$, а червяк (при нижнем или боковом расположении) – на глубину $h = 2.2m \ldots (0.2 \ldots 0.5)d_1$. При высокой частоте вращения червяка и длительной работе передачи для уменьшения потери мощности уровень масла понижают (желательно до нижнего тела качения подшипника) так чтобы вывести червяк из масляной ванны. В этом случае для смазывания на вал - червяк устанавливают разбрызгиватели (рис. 5.9).

При смазывании окунанием объём масляной ванны принимают из расчёта 0.5 … 0.8 л масла на 1 кВт передаваемой мощности. Сорт масла выбираем по табл. П.44.

Подшипники качения надёжно смазываются разбрызгиванием масла из картера при окружной скорости колеса $V \geq 2$м/с.

Для предотвращения обильного забрасывания масла в подшипники червяком, погруженным в масло, применяют маслозащитные шайбы.

5.10. Выбор муфты.

Выполнение этого подраздела производится аналогично тому, как это сделано в подразделе 3.9.

5.11. Расчёт шпоночных соединений.

Выполнение этого подраздела производится аналогично тому, как это сделано в подразделе 3.11.

Следует проверить жесткость вала - червяка. Прогиб под червяком, мм:

$$f = \frac{l_1^3 \sqrt{F_{r1} + F_{t1}}}{48EJ_{пр}} \leq [f],$$

где $J_{пр}=\pi d_{f1}^4$ $(0.325+0.675d_{a1}/d_{f1})64$ – приведённый момент инерции поперечного сечения червяка, мм^4; $E=2.1\cdot10^5$ МПа – модуль упругости стали; $[f]=(0.005\ldots0.01)m$ – допускаемый прогиб, мм.

5.13. Сборка редуктора.

Перед сборкой внутреннюю полость корпуса редуктора очищают и покрывают маслостойкой краской. Сборку редуктора (рис. 5.7) производится в следующей последовательности. На вал - червяк надевают шариковые радиально - упорные подшипники, предварительно нагрев их в масле до 80… 100^0 *С*. Собранный вал-червяк вставляют в корпус и устанавливают стакан с посадкой *H*7/*k*6. На тихоходный вал закладывают шпонку и напрессовывают червячное колесо до упора в буртик вала, надевают распорную втулку и устанавливают роликовые конические подшипники, нагретые в масле. Собранный вал устанавливают в основание корпуса и надевают крышку корпуса. Стыковые поверхности основания и крышки корпуса должны быть покрыты спиртовым лаком. Крышку центрируют с помощью двух конических штифтов и затягивают болты.

Устанавливают крышки подшипников с металлическими прокладками для их регулировки. В сквозные крышки перед постановкой закладывают манжетные уплотнения.

Для регулировки червячного зацепления часть прокладок переносят с одной опоры тихоходного вала на другую до совпадения средней плоскости колеса с осью червяка. Ввёртывают пробку маслоспускного отверстия и маслоуказатель с прокладками. Заливают в корпус масло и закрепляют крышку смотрового люка с отдушиной. Собранный редуктор обкатывают и испытывают на стенде.

5.14. Разработка сборочного чертежа редуктора, чертежа общего вида привода, рабочих чертежей деталей и спецификаций.

Разработка сборочных чертежей редуктора (рис. 6.3. П. 102), чертежа общего вида привода, рабочих чертежей деталей (рис. П.

104. 106…108) и спецификаций производится аналагично тому, как это сделано в подразделах 3.13… 3.16.

Таблица 5.2

Наименование	Размерность	Обозначение	Величина
Крутящий момент на колесе	Н*м	T_2	
Частота вращения колеса	мин$^{-1}$	n_2	
Предаточное число		$u=u_{ред}$	
Тип передачи (реверсивная или нереверсивная)			
Срок службы передачи	Год	$L_г$	
Коэффициент использования передачи в течение года		$K_г$	
Коэффициент использования передачи в течение суток		$K_с$	

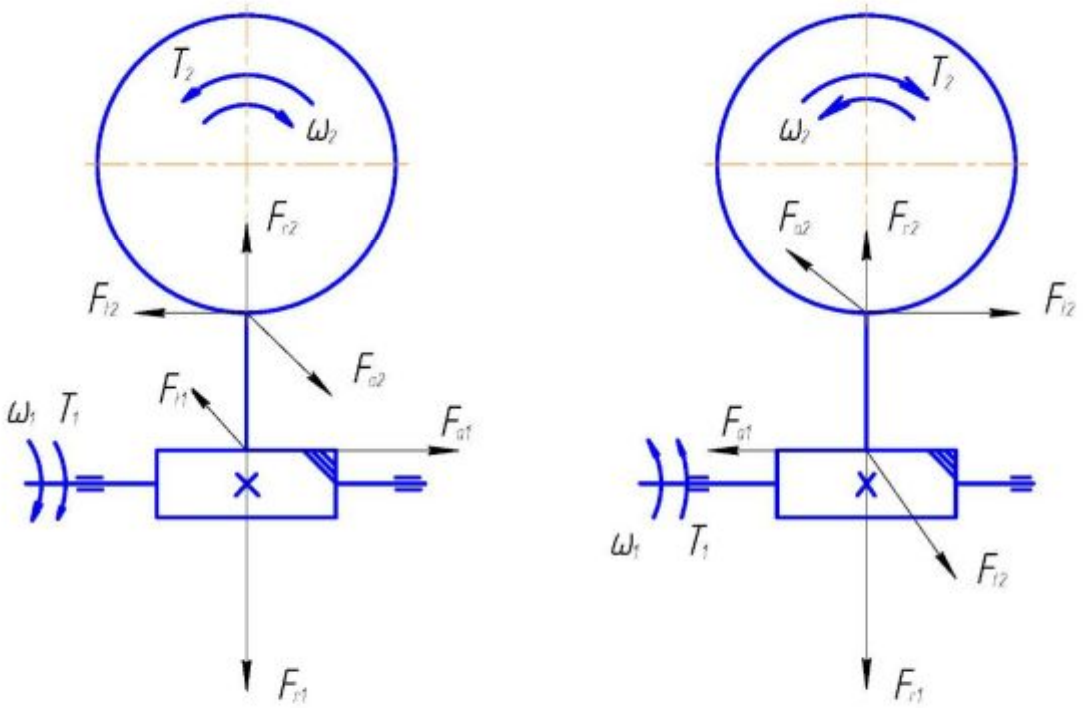


Рис. 5.1. Схемы сил в зацеплении червячной передачи при различных направлениях вращения движения.

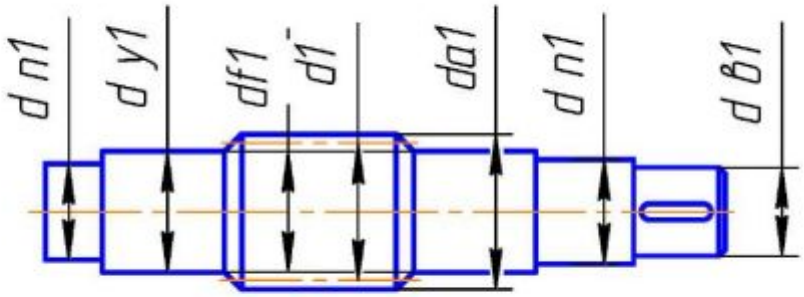


Рис. 5.2. Типовая конструкция вала-червяка.

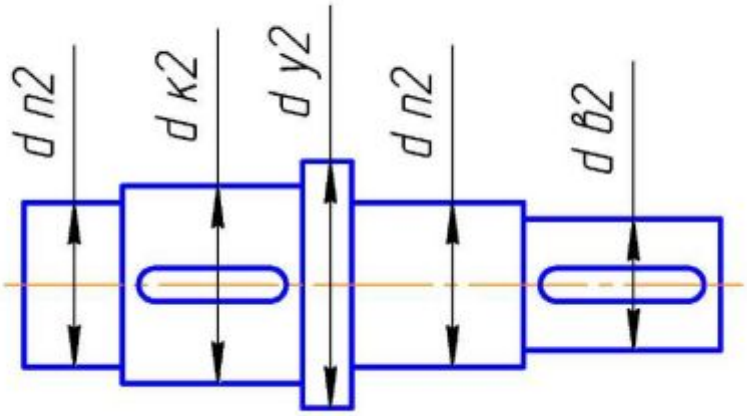


Рис. 5.3 Типовая конструкция тихоходного вала.

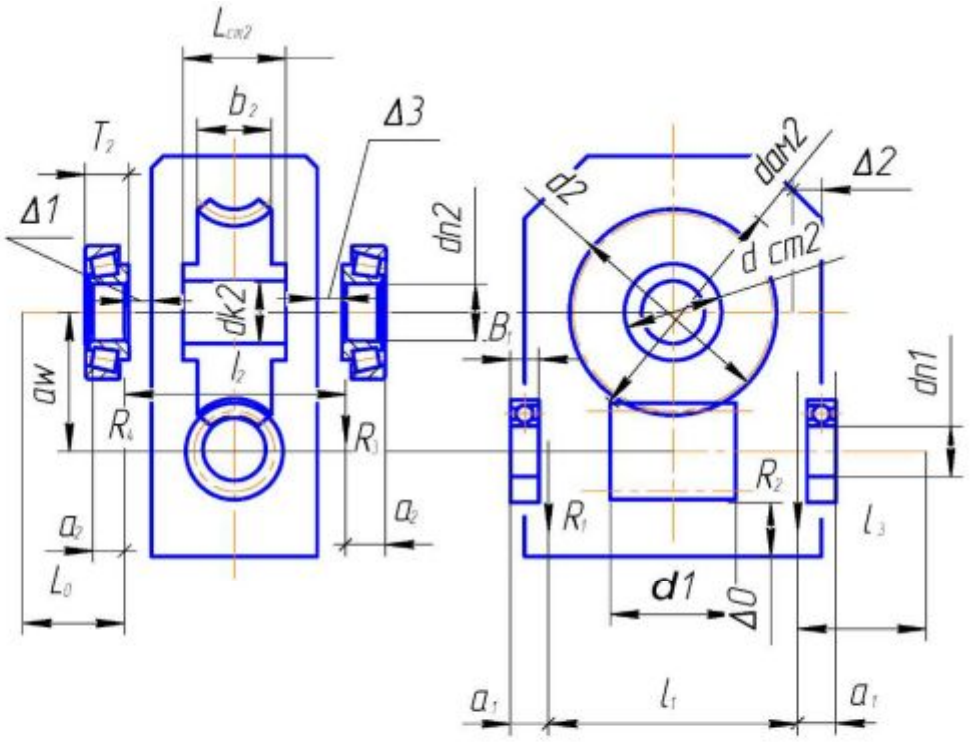


Рис. 5.4. Пример червячного эскиза компоновки червячного редуктора.

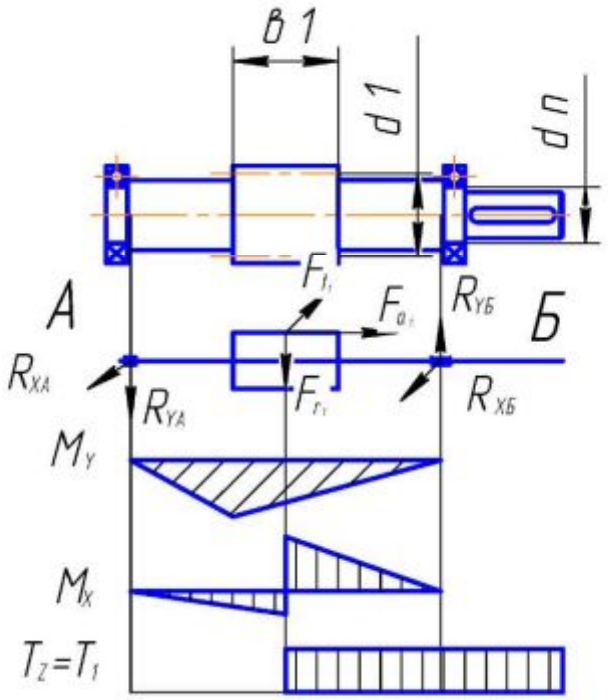


Рис. 5.5. Расчётная схема вала-червяка.

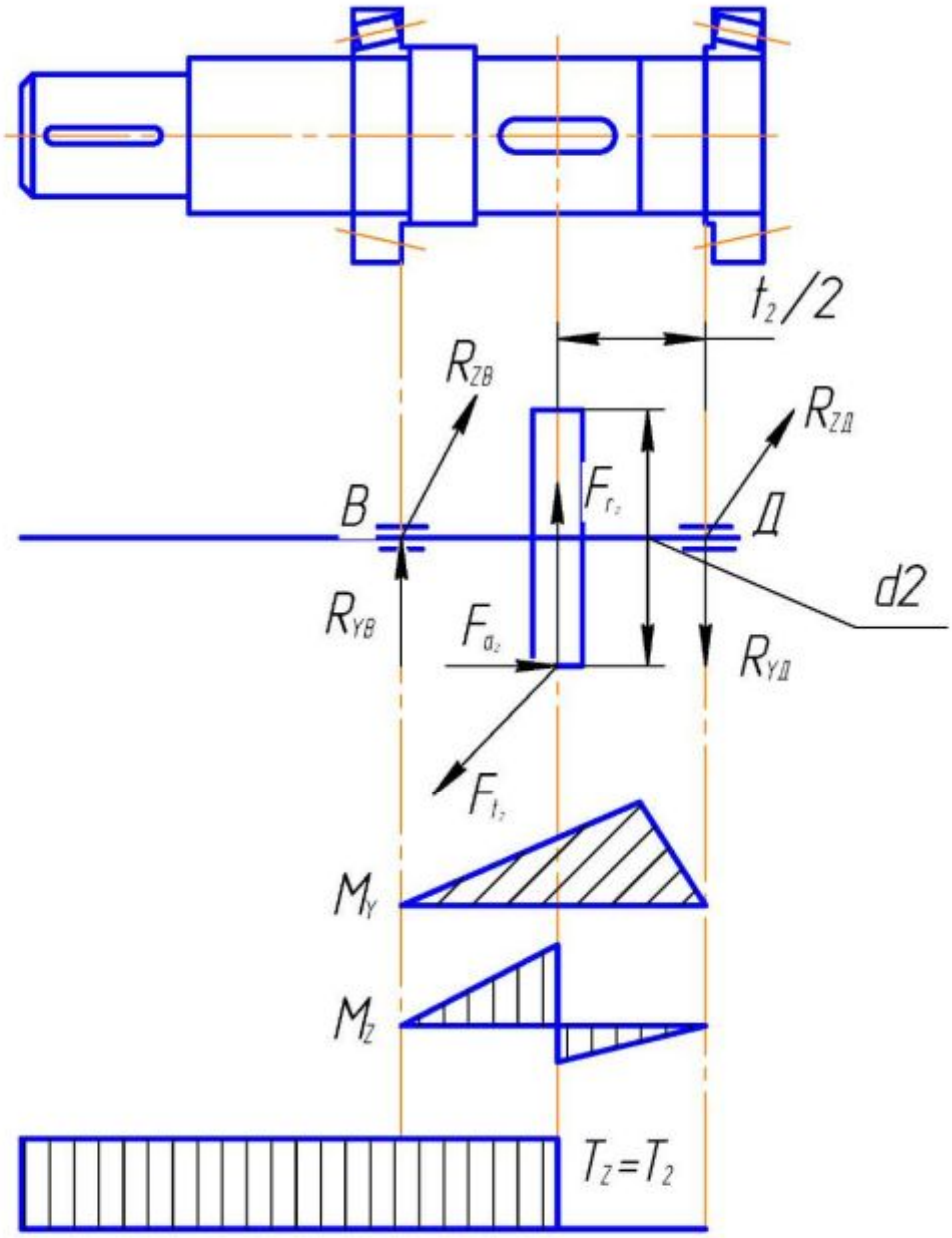


Рис. 5.6. Расчётная схема тихоходного вала.

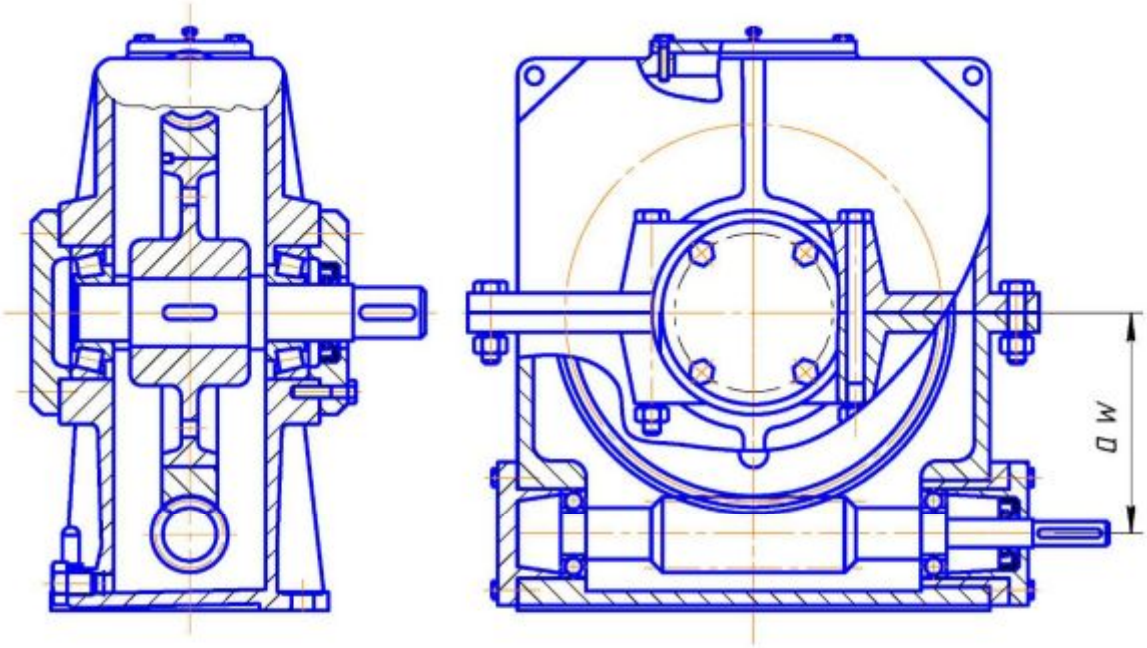


Рис. 5.7. Пример конструктивной компоновки червячного редуктора.

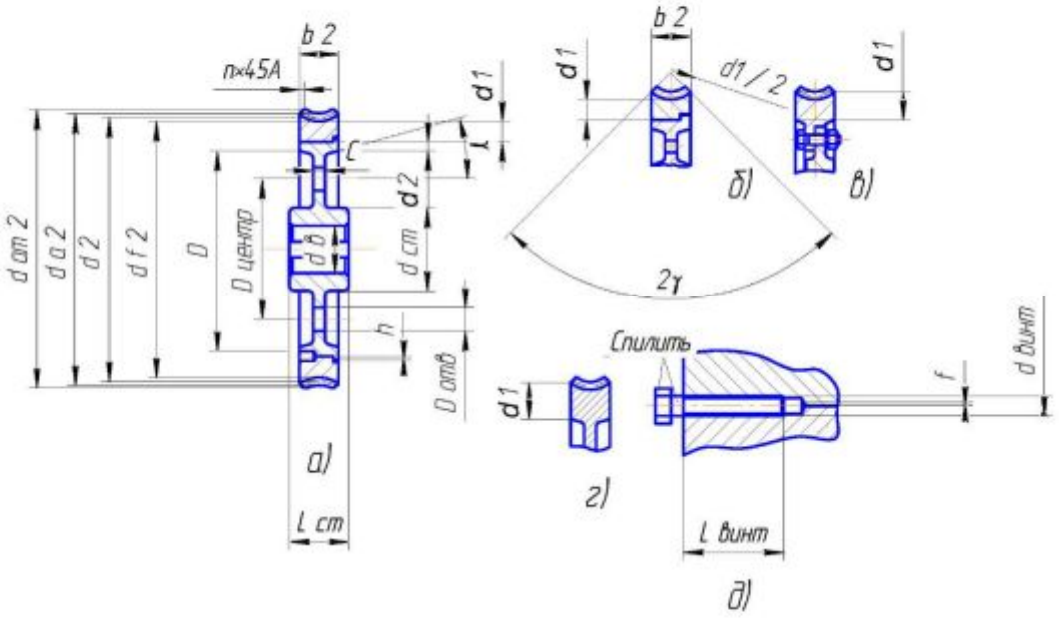


Рис.5.8. Конструкция червячного колеса: а) и б) – венец напрессован на чугунный (СЧ15) центр, в) – привернутый венец, г) – цельнолитое колесо, д) – фиксация напрессованного венца болтами (4…6 болтов).

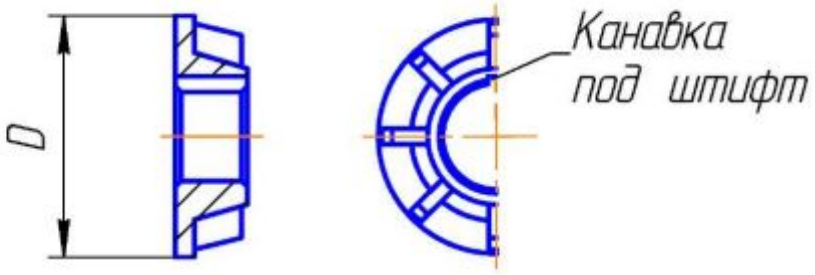


Рис.5.9. Разбрызгиватель.

6. ПОСТРОЕНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ ПРИВОДОВ С ЗУБЧАТЫМ РЕДУКТОРОМ В СИСТЕМЕ КОМПАС - 3*D V*9.

6.1. Основные элементы интерфейса КОМПАС - 3*D V*9.

Главное окно системы со всеми его основными элементами показано на рис.6.1. Область размещения окна документа занимает основную часть программного окна. Здесь размещаются окна открытых чертежей и выполняются все операции, связанные с построением, оформлением и редактированием документов. Все остальные элементы программного окна занимаются обслуживанием данной области.

Заголовок программного окна содержит название и номер версии программы, тип открытого документа (лист, фрагмент, спецификация), полный путь, определяющий его положение на жестком диске, имя документа и текущего вида.

Главное меню включает все остальные меню системы. В каждом из меню хранятся связанные с ним команды.

Стандартная панель содержит кнопки, наиболее часто используемые при работе команд создания, открытия и сохранения файлов документов, вывод на печать и т.д.

Строка сообщений отображает различные сообщения и запросы системы.

Панель текущего состояния отображает параметры системы и текущего документа – слои, привязки, шаг и текущие координаты курсора и т.д.

Компактная панель состоит из восьми отдельных панелей: «Геометрия», «Размеры», «Обозначения», «Редактирование», «Параметризация», «Измерения», «Выделение» и «Спецификация». Каждая панель является системой и содержит жестко определенные наборы кнопок, сгруппированных по функциональному признаку.

Панель свойства автоматически появляется на экране после вызова какой-либо команды из компактной панели или в режиме редактирования объектов и служит для управления процессом

выполнения этой команды. Панель свойств состоит из вкладок и панели специального управления. На вкладках расположены элементы управления процессом выполнения команды: поля, кнопки и списки. Например, при построении отрезка прямой линии панель свойств имеет единственную вкладку «Отрезок», на котором расположены элементы управления, определяющие параметры отрезка; координаты его начальной и конечной точек, длину, угол наклона и стиль линии. Панель специального управления содержит кнопки управления ходом выполнения конкретной программы: кнопки «Прервать команду», «Создать объект» и др.

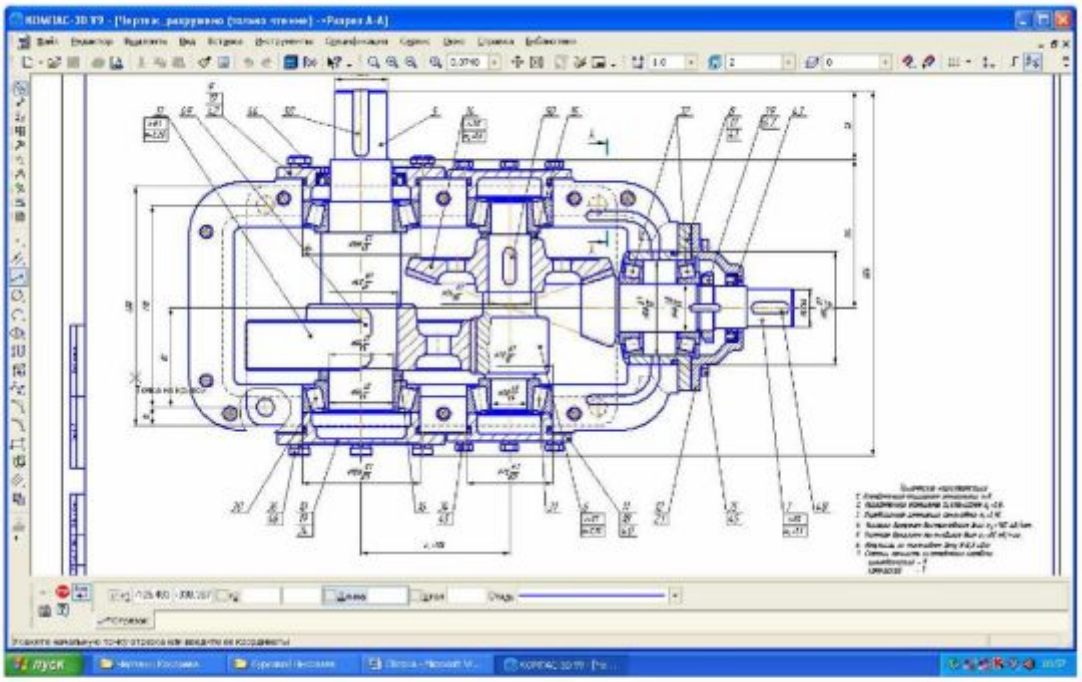


Рис. 6.1. Основные элементы окна КОМПАС – 3*D V*9

6.2.Построение сборочного чертежа цилиндрического редуктора (вид сверху без крышки).

Создание нового документа

Запустите КОМПАС - 3*D V*9. Создайте новый документ «Чертеж», используя для этого команду «Файл – Создать» или кнопку «Создать» из стандартной панели. С помощью команды

«Сервис», «Параметры», «Текущий лист», «Параметры листа» измените параметры нового листа задайте для него формат А1, горизонтальную ориентацию и оформите стиль. «Чертеж конструкторский. Первый лист, ГОСТ 2.104-68».

Запишите только что созданный документ под именем, например ТУМ-2.08.01.100СБ в папку «Привод .08-01». Для этого раскройте меню «Файл» и выполните команду «Сохранить как». В окне «Укажите имя файла для записи» раскройте список доступных дисков и папок и щелкните на значке жесткого диска *С*. Полагаем, что данный редуктор входит в состав изделия. «Привод 08-01 в поле Имя файла» занесите номер чертежа и щелкните на кнопке «Сохранить». В появившемся диалоговом окне «Информация о документе» заполните текстовые поля «Автор» и «Комментарий» и щелкните на кнопке «ОК»

Создание нового вида.

Выполните команду «Вставка – Вид». На панели свойств в поле «Масштаб» введите вручную или выберите из списка нужный масштаб. В текстовое поле «Имя» введите имя «Вид сверху». После этого курсор примет вид символа начала координат, а в строке сообщений появится запрос «Укажите точку привязки вида». Наиболее удобным вариантом будет размещение начала координат вида в вершине нижнего левого прямого угла контура верхнего пояса контура редуктора (рис.6.2) . Вы можете просто щелкнуть в данной точке на глаз или точно указать ее координаты в полях управления координатами курсора, задав их равными 152 мм по оси *X* и 298 мм по оси *Y*.

Построение основания корпуса редуктора.

Постройте габаритный прямоугольник. Для этого щелкните на кнопке «Прямоугольник» на панели «Геометрия» компактной панели. В ответ на запрос системы «Укажите первую угловую точку

прямоугольника» переместите курсор в точку начала координат вида (выполните клавиатурную команду [*Ctrl*]+[0] и нажмите клавишу [*Enter*]).

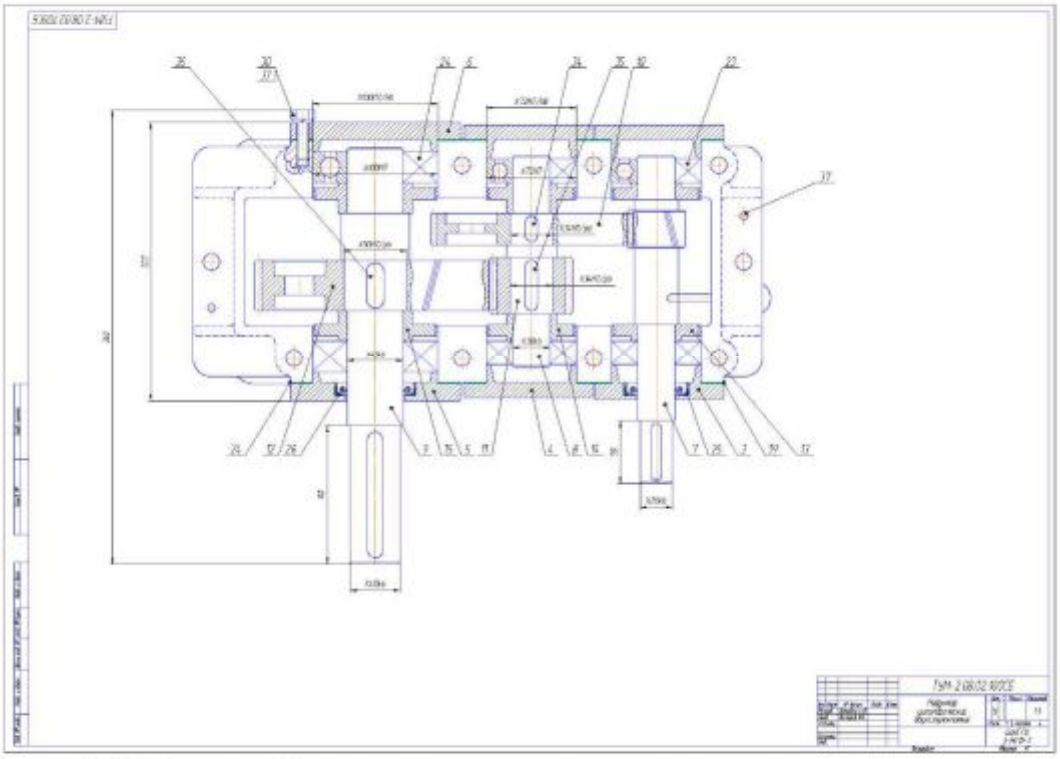


Рис. 6.2. Пример сборочного чертежа двухступенчатого цилиндрического редуктора типа Ц 2 (вид сверху без крышки).

Щелкните на кнопке «Простановка осей» на панели свойств. Активизируйте поле. «Высота прямоугольника», введите значение высоты 184 мм и нажмите клавишу [*Enter*]. Аналогичным образом в поле «Ширина прямоугольника» введите значение ширины 456 мм. После этого система построит заданный прямоугольник. Так как построенный прямоугольник носит вспомогательный характер, нет необходимости хранить его как системный макроэлемент. Разрушьте его на составные отрезки. Для этого выделите прямоугольник щелчком мыши в любой его точке и выполните команду «Редактор – Разрушить». Щелчком мыши на любой из осевых линий выделите системный значок обозначения центра. Разрушьте его на два

независимых отрезка. Щелчком мыши выделите вертикальную осевую линию и нажатием на клавишу [*Delete*] удалите ее.

Постройте верхнюю половину корпуса. Для этого проведите 9 вспомогательных прямых параллельных левой стороне прямоугольника: первую – на расстоянии 33 мм до внешней стенки корпуса, вторую – на расстоянии 41 мм до внутренней стенки корпуса, третью на расстоянии 77,5 мм до фланца крышки подшипника тихоходного вала, четвертую на расстоянии 146 мм до осевой линии тихоходного вала, пятую на расстоянии 271 мм до осевой линии промежуточного вала, шестую – на расстоянии 371 мм до осевой линии быстроходного вала, седьмую – на расстоянии 415 мм до удаленной внутренней стенки корпуса, восьмую – на расстоянии 423 мм до удаленной внешней стенки корпуса, девятую – на расстоянии 425 мм до фланца крышки подшипника быстроходного вала. Затем постройте 4 вспомогательные прямые, параллельные оси симметрии прямоугольника: первую – на расстоянии 51 мм до внутренней стенки корпуса, вторую – на расстоянии 59 мм до внешней стенки корпуса, третью – на расстоянии 97 мм до фланца крышек подшипников, четвертую – на расстоянии 98 мм до контура нижнего пояса корпуса. С помощью команды «Непрерывный ввод объектов» на панели «Геометрия» компактной панели постройте ломаные линии из трех отрезков контуров внутренней стенки, нижнего пояса, фланца крышек подшипников и внешней стенки. С помощью команды «Отрезок» постройте три осевые линии. Положение начальной точки осевой по вертикали достаточно указать «на глаз», а ее положение по горизонтали поможет задать локальная привязка. «Точка на кривой». То же самое относится и к конечной точке осевой. Далее постройте 4 отрезка на контуре левого и правого крюков (стиль линии Штриховая). Удалите все вспомогательные прямые.

Постройте гнезда подшипников. Для чего относительно осевой линии тихоходного вала проведите две вспомогательные прямые на расстоянии 50 мм по обе стороны от нее, относительно осевой линии

промежуточного и быстроходного валов – на расстоянии 36 мм. С помощью команды «Отрезок» постройте 6 отрезков, составляющих отверстия. Удалите вспомогательные прямые. Постройте отверстия для болтов подшипников. Вначале найдите центры этих отверстий. Для этого проведите 4 вспомогательные прямые: две на расстоянии 65 и 69,5 мм относительно оси тихоходного вала соответственно по левую и правую стороны, две на расстоянии 50 мм по обе стороны от оси быстроходного вала и одну вспомогательную прямую параллельно оси симметрии прямоугольника, на расстоянии 77 мм до этих центров. Затем щелкните на кнопке «Окружность». Задайте радиус 6,5 мм. Включите кнопки «Простановка осей и Запомните состояние» на панели свойств. В ответ на запрос системы «Укажите точку центра окружности», с помощью глобальной привязки «Пересечение», укажите 4 центра. Удалите вспомогательные прямые.

Постройте контуры бобышек. В начале из центра левого отверстия под болт проведите окружность. Касательную к кромке верхнего пояса корпуса. С этой целью щелкните на кнопке «Окружность» на панели «Геометрия». Включите кнопку «Простановка осей» и установите текущий стиль «Штриховая». С помощью глобальной привязки «Пересечение» укажите центр окружности. Затем укажите точку на объекте касания. Аналогично постройте окружность правой бобышки. Для перемещения и увеличения изображения на экране используйте кнопки «Сдвинуть и Изменить масштаб рамкой» на панели «Вид» Используя команду «Вертикальная прямая» на панели расширенных команд ввода вспомогательных прямых, постройте прямую, касательную к окружности левой бобышки. С помощью команды «Отрезок» постройте необходимый отрезок (стиль линии «Штриховая»). Удалите вспомогательные прямые. Теперь постройте плавное сопряжение окружности левой бобышки с контуром внешней стенки. Для этого включите кнопку «Скругления» на панели «Геометрия». В поле «Радиус скругления» на «Панели свойств» введите значение радиуса 4 мм и укажите мышью на соответствующий участок контура

и окружности. То же выполните и для окружности правой бобышки. Затем выполните скругление прямых углов радиусом 16 мм для контура верхнего и нижнего поясов корпуса. Радиусом 7 мм для контура внешней стенки и радиусом 4 мм для контура внутренней стенки и крюков. После этого удалите лишние участки окружностей бобышек и контура корпуса. С этой целью включите кнопку «Усечь кривую» на панели «Редактирование» компактной панели и последовательно укажите мышью на участки, подлежащие удалению.

Постройте нижнюю половину корпуса. Вначале удалите ненужную нижнюю сторону габаритного прямоугольника. Затем с помощью команды «Выделить Рамкой» выделите все геометрические объекты, относящиеся к верхней половине корпуса. Включите кнопку «Симметрия» на панели «Редактирование». После этого укажите ось симметрии, предварительно активизировав кнопку «Выбор базового объекта» на панели свойств. Система выполнит операцию симметричного отражения выделенных объектов. Прекратите работу команды и снимите выделение с объектов.

Вначале определите центры этих окружностей. Для этого постройте вспомогательные прямые от левой и правой кромок верхнего пояса корпуса на расстоянии 15 мм и по обе стороны от оси симметрии на расстоянии 37 мм. После этого командой «Окружность» постройте окружности двух отверстий радиусом 6,5 мм под болт и двух отверстий радиусом 3 мм под штифт. Удалите вспомогательные прямые.

Постройте резьбовое отверстие под болт крепления крышки подшипника тихоходного вала. Данный элемент хранится в прикладной библиотеке. Перед выгрузкой его из библиотеки определите положение его базовой точки на чертеже корпуса. Для этого постройте вспомогательную прямую на расстоянии 58 мм от оси отверстия под подшипник. Точка пересечения вспомогательной прямой с торцом корпуса будет базовой точкой. Затем подключите (если она еще не подключена) или активизируйте прикладную библиотеку. Для подключения библиотеки выполните команду

«Сервис», «Менеджер библиотек». В появившемся диалоговом окне сделайте текущим имя «Прикладная библиотека» и щелчком на кнопке «Открыть» подключите ее. Раскройте категорию «Резьбовые отверстия» и выберите элемент «Глухое отверстие». В диалоговом окне «Глухие отверстия» двойным щелчком активизируйте категорию Параметры и задайте «Параметры отверстия»; диаметр 10 мм, глубина 22 мм, длина резьбы 16 мм, ось не рисовать. Разверните фантом 270^0, активизировав поле угла наклонно к оси *X* из панели свойств и ввода значения угла 270^0. С помощью привязки «Пересечение» заполните фиксацию библиотечного элемента и щелчком на кнопке «*Stop*» на панели свойств прекратить работу библиотеки. Удалите вспомогательную прямую. Для оформления местного разреза увеличьте нужную часть чертежа. Затем командой «Кривая Безье» постройте плавную кривую стилем. «Для линии обрыва». Начальную и конечную точки кривой зафиксируйте с помощью локальной привязки «Точка на кривой». Промежуточные точки вводите «на глаз». Удалите ненужный участок окружности, который попал внутрь местного разреза командой «Усечь кривую» и заштрихуйте местный разрез.

Постройте ось симметрии зубчатых колес. Для этого проведите две вспомогательные прямые на расстоянии 26,5 мм вверх и 19 мм вниз от оси симметрии корпуса и с помощью команды «Отрезок» постройте осевые линии. Удалите вспомогательные прямые и ось симметрии корпуса.

Построение быстроходного вала – шестерни.

На свободном месте чертежа проведите две взаимно перпендикулярные вспомогательные прямые. Постройте осевую линию с первоначальной длиной, равной длине вала. Для этого включите кнопку «Отрезок» на панели «Геометрия». Укажите начальную точку отрезка в точке пересечения вспомогательных прямых. Установите стиль линии «Осевая». В поле «Длина отрезка» введите значение длины 262 мм. Завершите работу команды щелчком

на кнопке «Прервать команду» и удалите вспомогательные прямые. Теперь включите кнопку. «Непрерывный ввод объектов» на панели. На панели свойств установите стиль линии «Основная». С помощью привязки «Ближайшая точка» укажите левую конечную точку осевой линии. Для построения отреза левого торца вала в поле «Длина отрезка» введите значение 13 мм и в поле «Угол наклона» значение 90^0. Для построения горизонтального участка цапфы введите длину 50 мм и угол наклона 0^0, для вертикального участка упорной поверхности введите длину 2 мм и угол 90^0, для горизонтального участка упорной поверхности введите длину 77 мм и угол 0^0, для вертикального участка второй упорной поверхности введите длину 2,5 мм и угол 90^0, для горизонтального участка второй упорной поверхности введите длину 61 мм и угол 0^0, для вертикального участка шестерни введите длину 6,375 мм и угол 90^0 для горизонтального участка шестерни введите длину 30 мм и угол 0^0 и для второго вертикального участка шестерни введите длину до осевой линии и угол 270^0. С помощью команды «Непрерывный ввод объектов» постройте вертикальный отрезок правого торца вала длиной 15 мм и с углом 90^0, горизонтальный участок правой цапфы вала длиной 35 мм и с углом наклона 180^0 вертикальный участок правой упорной поверхности длиной 2,5 мм и с углом наклона 90^0 и горизонтальный участок правой упорной поверхности, для которого введите угол 180^0, а положение конечной точки укажите мышью с помощью привязки «Пересечение».

Командой «Фаска» постройте фаски $1{,}5x45^0$ и $1x45^0$ на торцах вала и шестерни, а командой «Перпендикулярный отрезок» на панели расширенных команд ввода отрезков постройте отрезки этих фасок. С помощью кнопки «Выровнять по границе» на панели расширенных команд усечения не выравнивания объектов продлите до осевой линии небольших вертикальных отрезка. В качестве границы выравнивания укажите осевую линию. Далее укажите выравниваемые отрезки.

Постройте половину шпонки. Для этого проведите две вспомогательные прямые, параллельные левому торцу: первую на расстоянии 2,5 мм, вторую на расстоянии 12,5 мм от торца и вспомогательную прямую параллельно осевой линии на расстоянии 4 мм от нее. Командой «Непрерывный ввод объектов» постройте ломаную линию из трех отрезков, а командой «Скругление» постройте скругления радиусом 4 мм. Удалите вспомогательные прямые и лишние участки отрезков.

Постройте образующую делительного цилиндра шестерни. Для этого проведите вспомогательную прямую параллельно осевой линии на расстоянии 21,875 мм, равном радиусу делительной окружности шестерни. С помощью команды «Отрезок» постройте образующую (стиль линии «Осевая»). Продлите ее влево и вправо за пределы шестерни. Для этого щелкните мышью на образующей. Система выделит объект цветом и сгенерирует в его конечных точках два узелка управления. Теперь щелкните мышью на правом узелке и не отпуская клавишу, перенесите его вправо за пределы контура шестерни. Точно таким же образом переместите за контур шестерни левый узелок. Щелчком в любом свободном месте чертежа снимите выделение с образующей. С помощью команды «Симметрия» получите нижнюю половину детали.

Оформите местный разрез на шестерне. Вначале проведите вспомогательную прямую на расстоянии, равным радиусу окружности впадин и командой «Отрезок» настройте образующую цилиндра впадин. Затем увеличьте область чертежа вокруг зуба шестерни и командой «Кривая Безье» постройте плавную кривую (стиль линии «Для линии обрыва») местного разреза. Для удаления лишних частей линий, которые попали внутрь местного разреза, используйте команду «Усечь кривую». Теперь заштрихуйте местный разрез. Для этого включите кнопку «Штриховка» на панели «Геометрия» и щелкните внутри области штриховки. Щелкните на кнопке «Создать объект» на панели свойств и завершите выполнение команды щелчком на кнопке «Прервать команду».

Постройте отрезки направления наклона зуба. Для этого командной «Вспомогательная прямая» постройте на поверхности шестерни в удобном месте прямую под углом наклона $13{,}26^0$ линии зуба и командой «Отрезок» постройте отрезок. Точно так же постройте еще 2 отрезка на расстоянии 2 мм друг от друга. Удалите вспомогательные прямы и осевую линию детали.

Переместите вал на чертеж редуктора. С этой целью выделите весь вал целиком и командой «Сервис – Объединить в макроэлемент» сделайте его макроэлементом. Затем постройте положение базовой точки. Для этого командой «Вспомогательная прямая» проведите 2 диагональные прямые контура шестерни. С помощью команды «Точка» на панели «Геометрия» поставьте базовую точку в точке пересечения этих прямых. Теперь выделите вал щелчком мыши в любой точке и включите кнопку «Поворот» на панели «Редактирование». Для изменения ориентации вала на вертикальную введите угол 90^0 в поле «Угол поворота». Включите кнопку «Сдвиг». В ответ на запрос системы «Укажите базовую точку для сдвига» щелкните мышью в построенной базовой точке. В ответ на запрос системы «Укажите новое положение базовой точки», переместите курсор в точку пересечения соответствующих осевых линий на чертеже редуктора и щелчком мыши при срабатывании привязки «Пересечение» зафиксируйте вал в указанной точке. Завершите работу команды «Сдвиг» щелчком на кнопке «*Stop*». Удалите с чертежа базовую точку и лишние участки корпуса, которые теперь закрываются валом. Удалите вспомогательные прямые.

Построение промежуточного вала.

На свободном месте чертежа проведите две взаимно-перпендикулярные вспомогательные прямые и постройте осевую линию длиной 170 мм, равную длине вала. Включите кнопку «Непрерывный ввод объектов». Для построения отрезка левого торца с помощью глобальной привязки «Ближайшая точка» укажите точку пересечения вспомогательной прямой с осевой линией. На панели

свойств в поле «Длина отрезка» введите значение 15 мм и в поле «Угол наклона» – 90^0. Для построения горизонтального участка цапфы введите длину 44 мм и угол 0^0, для вертикального участка ступени под шестерню введите длину 2 мм и угол 90^0, для горизонтального участка ступени под шестерню введите длину 45 мм и угол 0^0, для вертикального участка упорной ступени введите длину 3 мм и угол 90^0, для горизонтального участка ступени под колесо введите длину 25 мм и угол 0^0, и для вертикального участка этой ступени введите длину до осевой линии и угол 270^0. С помощью команды «Непрерывный ввод объектов» постройте вертикальный отрезок правого торца вала длиной 15 мм с углом наклона 90^0 и горизонтальный участок правой цапфы вала, для которого введите значение угла 180^0, а положение конечной точки укажите мышью с помощью привязки «Пересечение».

Командой «Фаска» постройте фаски $1{,}5x45^0$ на торцах вала, а с помощью кнопки «Перпендикулярный отрезок» постройте отрезки фасок. Командой «Выровнять по границе» продлите до осевой линии три небольших вертикальных отрезка.

Используя вспомогательные прямые и команды «Непрерывный ввод объектов» и «Скругление», постройте половины двух шпоночных канавок шириной 10 мм и длиной 25 и 40 мм. Удалите вспомогательные прямые.

Командой «Симметрия» постройте нижнюю половину вала.

Удалите ось симметрии вала и сделайте его макроэлементом. Постройте положение базовой точки в точке пересечения возможных осей симметрии колеса. Командами «Поворот» и «Сдвиг» перенесите вал на чертеж редуктора. В качестве нового положения базовой точки используйте точку пересечения соответствующих осевых линий на чертеже редуктора. После перемещения вала удалите базовую точку и лишние участки корпуса.

Построение тихоходного вала.

На свободном месте постройте осевую линию длиной 332 мм, равной длине вала. Командой «Непрерывный ввод объектов» постройте вертикальный отрезок левого торца вала длиной 20 мм с углом 90^0, горизонтальный участок длиной 110 мм с углом 0^0, вертикальный отрезок длиной 2,5 мм с углом 90^0, горизонтальный участок длиной 92 мм с углом 0^0, вертикальный участок длиной 2,5 мм с углом 90^0, горизонтальный участок длиной 40 мм с углом 0^0, вертикальный участок длиной 2,5 мм с углом 90^0, горизонтальный участок длиной 38 мм с углом 0^0 и вертикальный участок длиной до осевой линии с углом 270^0. С помощью команды «Непрерывный ввод объектов» постройте вертикальный участок правого торца вала длиной 22,5 мм с углом 90^0 и горизонтальный участок правой цапфы вала, для которого укажите угол 180^0, а положение конечной точки укажите мышью с помощью привязки «Пересечение».

Командами «Фаска» и «Перпендикулярный отрезок» постройте фаски 1,5x45^0 на торцах вала. Командой «Выровнять по границе» продлите до осевой линии три небольших вертикальных отрезка.

Используя вспомогательные прямые и команды «Непрерывный ввод объекта» и «Скругления», постройте половины двух шпоночных канавок шириной 12 и 14 мм и длиной 100 и 36 мм. Удалите вспомогательные прямые.

Командой «Симметрия» постройте нижнюю половину вала.

Удалите ось симметрии вала и сделайте его макроэлементом. Постройте изображение базовой точки в точке пересечения возможных осей симметрии и командой «Сдвиг» переместите в чертеж редуктора. В качестве нового положения базовой точки используйте точку пересечения соответствующих осевых линий на чертеже редуктора. Удалите базовую точку и лишние участки корпуса, закрываемые валом.

Построение шестерни промежуточного вала.

На свободном месте постройте габаритный прямоугольник высотой 72,01 мм и шириной 45 мм с простановкой осей. Выделите прямоугольник щелчком мыши и разрушьте его на отдельные отрезки командой «Редактор - Разрушить». Постройте фаски на торцах шестерни. Для этого нажмите кнопку «Фаска». Двойным щелчком мыши активизируйте поле «Длина фаски» на первом объекте и введите длину 2 мм и угол 45^0. В ответ на запрос системы «Укажите первую кривую для построения фаски» укажите на отрезок левого торца, но ближе к его верхнему концу. В ответ на запрос «Укажите вторую кривую для построения фаски» укажите любую точку на отрезке цилиндра вершин шестерни. Аналогично постройте фаску на правом торце. С помощью вспомогательных прямых и команды «Отрезок» постройте отрезки внутреннего отверстия диаметром 34 мм, отрезки образующих цилиндра впадин с диаметром 62,01 мм (стиль линии «Основная») и отрезки делительного цилиндра с диаметром 67,01 мм (стиль линии «Осевая»). Продлите образующие делительного цилиндра влево и вправо за торцы шестерни примерно на 2 мм. Удалите оси симметрии шестерни. Выполните штриховку разреза шестерни и объедините ее в макроэлемент. Поставьте положение базовой точки в середине правого торца и командами «Поворот» и «Сдвиг» переместите шестерню на чертеж редуктора. В качестве нового положения при сдвиге используйте точку пересечения оси промежуточного вала с упорным торцом.

Построение колеса промежуточного вала.

На свободном месте чертежа постройте габаритный прямоугольник высотой 160,25 мм и шириной 25 мм с простановкой оси. Выделите прямоугольник щелчком мыши и разрушьте его на отдельные отрезки командой «Редактор-разрушить». Командами «Фаска» и «Отрезок» постройте фаски $1{,}5x45^0$ на торцах колеса. С помощью вспомогательных прямых и команды «Ввод отрезка» постройте отрезки внутреннего отверстия диаметром 34 мм, отрезки

образующих цилиндра впадин с диаметром 152,25 мм и отрезок верхней образующей делительного цилиндра с диаметром 156.25 мм. Продлите образующую делительного цилиндра за торцы колеса. Отрезок нижней образующей цилиндра вершин поменяйте на новый отрезок, используя стиль линии «Штриховая». Используя вспомогательные прямые и команду «Непрерывный ввод объектов», постройте на верхней половине колеса две ломаные линии из трех отрезков (горизонтальный отрезок ступицы на диаметре 58 мм, вертикальный отрезок диска толщиной 7 мм, горизонтальный отрезок обода на диаметре 132 мм), отрезки отверстия в ободе колеса диаметром 20 мм и его осевую линию на диаметре 95 мм. Осевую линию проведите за торцы обода. Удалите ось симметрии колеса. Командами «Кривая Безье» «Штриховая» постройте местные разрезы на нижней половине колеса. Объедините колесо в макроэлемент и постройте положение базовой точки в середине его правого торца. Командами «Поворот» и «Сдвиг» переместите колесо на чертеж редуктора.

Построение колеса тихоходного вала.

На свободном месте чертежа постройте габаритный прямоугольник высотой 187,99 мм и шириной 40 мм с простановкой осей. Разрушьте его на отдельные отрезки и постройте фаски $1{,}5x45^0$ на торцах колеса. С помощью вспомогательных прямых и команды «Отрезок» постройте отрезки внутреннего отверстия диаметром 50 мм, отрезки образующих цилиндра впадин с диаметром 177,99 мм и отрезок верхней образующей делительного цилиндра с диаметром 182,99 мм. Образующую делительного цилиндра продлите за торцы колеса. Отрезок нижней образующей цилиндра вершин поменяйте на новый отрезок, используя стиль линии «Штриховая». Используя вспомогательные прямые и команду «Непрерывный ввод объектов», постройте на верхней половине колеса две ломаные линии из трех отрезков (горизонтальный отрезок на диаметре 89 мм, вертикальный отрезок диска толщиной 15 мм и горизонтальный отрезок обода на

диаметре 156 мм), отрезки отверстия в ободе диаметром 20 мм и его осевую линию на диаметре 122 мм. Продлите осевую за торцы обода. Постройте фаски 1,5x45^0 на ободе и ступице колеса. Удалите оси симметрии колеса и постройте местные разрезы на нижней половине колеса. С помощью команды «Вспомогательная прямая» и «Ввод отрезка» постройте три отрезка направления линий зуба с углом 12^0.

Объедините колесо в микроэлемент и постройте положение базовой точки в середине его правого торца. Командами «Поворот» и «Сдвиг» переместите колесо на чертеж редуктора.

Построение мазеудерживающих колец

Постройте мазеудерживающие кольца быстроходного вала. С этой целью на свободном месте чертежа проведите осевую линию длиной 13мм, равной толщине кольца. Постройте верхнюю половину кольца. Для этого командой «Непрерывный ввод объектов» постройте отрезок левого торца длиной 35,7мм с углом 90^0, шесть отрезков канавок треугольного сечения с углом при вершине 60^0 и шагом 3 мм , вертикальный отрезок длиной до осевой линии с углом 270^0, отрезок правого торца длиной 20 мм с углом 90^0 и горизонтальный отрезок с углом 180^0 градусов, положение конечной точки которого укажите мышью с помощью привязки «Пересечение». Удалите лишний участок отрезка. Используя вспомогательную прямую и команду «Отрезок» постройте отрезок образующий отверстия с диаметром 30 мм, удалите вспомогательную прямую. Командой «Симметрия» получите нижнюю половину кольца. Удалите ось симметрии и заштрихуйте кольцо.

Перенесите кольцо на чертеж редуктора. Вначале удалите лишние участки корпуса в месте установки колец. Затем сделайте кольцо макроэлементом и постройте положение базовой точки в середине левого торца. Выделите деталь щелчком мыши в любой ее точке и включите кнопку «Поворот». В окне на запрос системы укажите центр поворота, с помощью привязки «Пересечение» укажите новую точку. На панели свойств в поле «Угол» введите

значение 90^0. Включите кнопку «Копирование» на панели «Редактирование». В ответ на запрос укажите базовую точку выделенных элементов, щелкните мышью в базовой точке. В ответ на запрос системы укажите новое положение базовой точки, укажите точку пересечения оси быстроходного вала с верхним упорным торцом. Для построения нижнего мазеудерживающего кольца быстроходного вала поверните исходное кольцо командой «Поворот» на угол 270^0 и командой «Копирование» переместите его на чертеж редуктора. В качестве нового положения базовой точки укажите точку пересечения оси быстроходного вала с нижним упорным кольцом. Снимите выделение с исходной детали.

Постройте верхнее мазеудерживающее кольцо промежуточного вала. Для этого у исходного кольца с левой стороны сделайте выступ длиной 11 мм и диаметром 40 мм. С этой целью разрушьте его на составные отрезки и уберите штриховку. С помощью вспомогательных прямых и команды «Отрезок» постройте это выступ. Удалите вспомогательные прямые и лишние участки, заштрихуйте кольцо и сделайте его макроэлементом. Командами «Поворот» и «Копирование» перенесите его на чертеж редуктора. В качестве нового положения базовой точки при копировании используйте точку пересечения оси промежуточного вала с торцом ступицы колеса. Снимите выделение с исходного кольца и удалите базовую точку.

Постройте нижнее мазеудерживающее кольцо промежуточного вала. С этой целью измените геометрию исходного кольца таким образом, чтобы длина левого выступа уменьшилась и приняла значение 8,5 мм. Для этого разрушьте макроэлемент и уберите штриховку. Включите кнопку «Деформация сдвигом» на панели «Редактирование». В ответ на запрос системы о начальной и конечной точках прямоугольной рамки сформируйте рамку деформации. В поле «Сдвиг *X*» введите значение деформации 2,5 мм. В поле «Сдвиг *Y*» введите значение 0. После этого система выполнит деформацию детали. Заштрихуйте полученное кольцо, объедините

его в макроэлемент и постройте положение базовой точки в середине левого торца. Командами «Поворот» и «Копирование» перенесите его не чертеж редуктора. В качестве нового положения базовой точки используйте точку пересечения оси промежуточного вала с торцом шестерни. Снимите выделение с исходного кольца и удалите базовую точку.

Постройте мазеудерживающие кольца тихоходного вала. С этой целью измените геометрию исходного кольца таким образом, чтобы увеличились длина левого выступа до 11 мм, диаметр внутреннего отверстия до 45 мм и наружный диаметр до 99,4 мм. Для этого разрушьте макроэлемент и уберите штриховку. С помощью команды «Деформация сдвигом» выполните сдвиг левого выступа вдоль оси X на величину – 2,5 мм, верхней половины кольца вдоль оси Y на величину 15 мм и канавок вдоль оси Y на величину ± 6,5 мм. Заштрихуйте полученное кольцо, объедините его в макроэлемент и постройте положение базовой точки в середине левого торца. Командами «Поворот» и «Копирование» перенесите кольцо на чертеж редуктора. В качестве левого положения базовой точки при копировании используйте точки пересечения оси тихоходного вала с упорным торцом вала и торцом колеса. Удалите исходное колесо.

Построение подшипников.

Активизируйте конструкторскую библиотеку. В окне библиотеки откройте раздел «Подшипники и элемент Подшипники ГОСТ 8338-75». Выберите параметры подшипников быстроходного и промежуточного валов: наружный диаметр 72 мм , внутренний диаметр 30 мм и ширина 19 мм. Для размещения библиотечного элемента на чертеже редуктора разверните его на 90^0 и укажите точки пересечения осей валов с упорными торцами мазеудерживающих колец.

Построение подшипников тихоходного вала (наружный диаметр 100 мм, внутренний диаметр 45 мм и ширина 25 мм) выполняется

аналогично. Щелчком на кнопке «Прервать команду» завершите работу библиотеки.

Построение крышек подшипников.

Для построения верхней глухой крышки для быстроходного вала и нижней – для промежуточного вала на свободном месте создайте габаритный прямоугольник высотой 108 мм и шириной 27 мм с простановкой осей. Разрушьте прямоугольник на составные отрезки. С помощью вспомогательных прямых и команды «Отрезок» постройте в верхней половине прямоугольника горизонтальный отрезок центрирующего пояска диаметром 72 мм и длиной 16 мм, вертикальный отрезок фланца и наклонный отрезок с концами на диаметрах 65 мм и 59 мм на длине 15 мм и вертикальный отрезок внутренней поверхности крышки. Удалите вспомогательные прямые и лишние участки отрезков. С помощью команды «Симметрия» постройте нижнюю половину центрирующего пояса. Удалите оси симметрии и лишние участки. Уменьшите высоту нижнего фланцевого выступа на 4 мм командой «Деформация сдвигом». Заштрихуйте полученную деталь и объедините ее в макроэлемент. Затем командами «Поворот» и «Копирование» перенесите крышку на чертеж редуктора. В качестве нового положения базовой точки используйте точку пересечения оси быстроходного вала с торцом верхнего подшипника и точку перемещения оси промежуточного вала с торцом нижнего подшипника. Удалите лишние участки, закрываемые валом.

Верхняя глухая крышка промежуточного вала является зеркальной копией исходной крышки. Для ее построения выделите исходную крышку целиком командой «Выделить - Рамкой» и нажмите кнопку «Симметрия».

Щелчком на кнопке «Удалить исходные объекты на панели свойств» переключите команду в режим удаления исходных объектов. Укажите первую точку на оси симметрии в средней точке правого торца крышки. Дважды нажмите клавишу «Стрелка влево» -

курсор переместиться на 2 шага влево. Зафиксируйте вторую точку из оси симметрии нажатием на кнопку «*Enter*». После этого система примет зеркальное отражение детали. Завершите работу команды «Симметрия». Снимите выделение с исходной детали. Командами «Поворот» и «Копирование» переместите крышку на чертеж редуктора. Удалите лишние участки, закрываемые валом.

Для построения сквозной крышки быстроходного вала измените геометрию исходной крышки. С этой целью разрушьте макроэлемент и уберите штриховку. Для построения оси симметрии активизируйте команду «Горизонтальная прямая» из панели расширенных команд вспомогательных построений. Укажите мышью на вертикальный отрезок правого торца. После срабатывания привязки «Середина» щелчком мыши зафиксируйте положение прямой. С помощью вспомогательных прямых и команды «Отрезок» в верхней половине крышки постройте горизонтальный отрезок длиной 10мм на диаметре 52 мм, вертикальный отрезок гнезда под манжетное уплотнение и горизонтальный отрезок отверстия диаметром 32 мм под вал. Удалите все вспомогательные прямые. Командой «Симметрия» постройте нижнюю половину центральной части крышки. Сделайте крышку макроэлементом и командами «Поворот» и «Сдвиг» переместите деталь на чертеж редуктора. Удалите лишние участки, закрываемые валом.

Для построения глухой крышки тихоходного вала на свободном месте создайте габаритный прямоугольник высотой 136 мм и шириной 24 мм с простановкой осей. Разрушьте его на составные отрезки командой «Редактор – Разрушить». С помощью вспомогательных прямых и команды «Отрезок» в верхней половине прямоугольника постройте горизонтальный отрезок центрирующего пояска длиной 11 мм на диаметре 100 мм, вертикальный отрезок фланца, наклонный отрезок с концами на диаметрах 89 мм и 92 мм на длине 11 мм и вертикальный отрезок внутренней стенки крышки. Удалите вспомогательные прямые и лишние участки отрезков. Командой «Симметрия» постройте нижнюю половину

центрирующего пояска. С помощью вспомогательных прямых и команды «Отрезок» постройте отрезки крепежного отверстия диаметром 12 мм на окружности диаметром 116 мм в нижней половине крышки. Удалите вспомогательные прямые и оси симметрии. Заштрихуйте полученную деталь и объедините ее в макроэлемент. Командами «Поворот» и «Копирование» перенесите крышку на чертеж редуктора.

Для построения сквозной крышки тихоходного вала измените геометрию исходной крышки. С этой целью разрушьте макроэлемент, уберите штриховку и отрезки крепежного отверстия. С помощью команды «Горизонтальная прямая» проведите ось симметрии. Используя вспомогательные прямые и команду «Отрезок», постройте в верхней половине крышки горизонтальный отрезок длиной 10 мм на диаметре 65 мм и вертикальный отрезок гнезда под манжетное уплотнение и горизонтальный отрезок диаметром 47 мм под вал. Удалите все вспомогательные прямые. Командой «Симметрия» постройте нижнюю половину центральной части крышки. Заштрихуйте крышку и сделайте ее макроэлементом. Командами «Поворот» и «Сдвиг» переместите детали на чертеж редуктора. Удалите лишние участки, закрываемые валом.

Построение манжетных уплотнений.

Активизируйте конструкторскую библиотеку. В окне библиотеке откройте раздел «Манжеты ГОСТ 6752-59». Выберите параметры манжеты быстроходного вала: наружный диаметр 52 мм, внутренний диаметр 60 мм и ширина 10 мм. Для размещения библиотечного элемента на чертеже редуктора укажите точку пересечения оси вала с торцом гнезда под манжету в крышки подшипника.

Выберите параметры манжеты тихоходного вала: наружный диаметр 65 мм, внутренний диаметр 45 мм и ширина 10 мм. Для размещения этого элемента на чертеже редуктора укажите точку пересечения оси тихоходного вала с торцом гнезда под манжету в

крышке подшипника. Завершите работу библиотеки и уберите лишние участки.

Построение регулировочных прокладок.

Увеличьте место установки прокладок под фланец глухой крышки подшипника быстроходного вала. С помощью вспомогательных прямых и команды «Отрезок» постройте отрезки контура прокладки. Уберите вспомогательные прямые и заштрихуйте разрез прокладки. Аналогично постройте регулировочные прокладки под фланцы других крышек.

Построение маслоуказателя

С помощью вспомогательных прямых и команды «Отрезок» постройте осевую линию на расстоянии 22 мм от внутренней горизонтальной стенки корпуса редуктора длинной 72 мм с левым концом на расстоянии 33 мм от вертикальной стенки, два отрезка видимой части стрежня на расстоянии 3 мм от осевой линии и командой «Эллипс» – эллипс ручки с центром на правом конце осевой линии с вертикальной полуосью длиной 11 мм и горизонтальной – 8 мм. Ось эллипса не проставляйте. Продлите ось маслоуказателя за пределы его контура. Уберите все вспомогательные прямые и лишние участки эллипса, закрываемые корпусом.

Построение болта и шайбы крепления крышки подшипника

Определите положение базовой точки на чертеже редуктора. Для этого включите кнопку «Расстояние между двумя точками» на панели «Измерения». На панели свойств включите кнопку «Отрисовать среднюю точку». В ответ на запрос системы укажите крайние точки крепежного отверстия на верхнем торце крышки. Активизируйте конструкторскую библиотеку. В окне библиотеки откройте раздел «Шайбы» и элемент «Шайбы ГОСТ 6402-70». Выберите диаметр шайбы 10 мм, задайте угол поворота фантома шайбы 90^0 и с

помощью привязки Ближайшая точка укажите положение базовой точки на чертеже.

Выгрузите из библиотеки изображение болта (ГОСТ 7798-70). Выберите диаметр болта 10 мм и длину 10 мм, задайте угол поворота 270° и укажите базовую точку на чертеже редуктора, точку пересечения оси с верхним торцом шайбы. Завершите работу библиотеки и удалите лишние участки крышки и корпуса, закрываемые болтом.

Простановка размеров

Постройте вертикальный размер 362 мм, определяющий наибольшую ширину редуктора. Для этого выполните команду «Сервис» – «Параметры» - «Система» – «Графический редактор» – «Параметры новых размеров». В правой части диалогового окна погасите флажки «Квалитет» и «Отклонения в группе» «Вписывать в подпись». Включите кнопку «Линейный размер» на панели «Размеры» компактной панели. С Помощью привязки «Ближайшая точка» последовательно укажите точки на торцах головки болта и тихоходного вала. Задайте положение размерной линии и надписи, как это показано в примере. Аналогично постройте вертикальные размеры 50 мм и 110 мм, определяющие длину выходного конца быстроходного и тихоходного валов.

Постройте горизонтальный размер 40 мм, определяющий диаметр выходного конца тихоходного вала. Для этого последовательно укажите точки на соответствующих вертикальных отрезках вала. Щелчком левой клавиши мыши в поле «Текст» на панели свойств вызовите диалоговое окно «Задание размерной надписи». Включите кнопку значка диаметра в группе «Символ», флажок «Включить» в группе «Квалитет» и щёлкните на кнопке «Квалитет». В диалоговом окне «Выбор квалитета» включите кнопку вала в группе «Показать квалитеты». В группе квалитетов «Предпочтительные» щелчком мыши сделайте текущий квалитет *k*6. Закройте диалоговые окна и задайте положение размерной линии и

размерной надписи. Аналогично постройте размер 26 мм диаметра выходного конца быстроходного вала, размер 73 мм и 100 мм посадок наружных колец подшипников и размеры 30 мм и 45 мм посадок внутренних колец подшипников.

Постройте размер 34 мм посадки шестерни на вал. Для этого укажите последовательно точки на соответствующих вертикальных отрезках вала. Щелчком в поле «Текст» перейдите в режим корректировки размерной надписи. На экране появится диалоговое окно «Задание размерной надписи». Погасите флажки простановки квалитета и отклонений. Щелчком в поле «Текст» сделайте его текущим – в нем должен появиться текстовый курсор. Выполните команду «Вставить» – «Дробь» – «Полной Высоты». После этого в поле «Текст» введите числитель дроби *H*7. Перейдите в знаменатель дроби и введите *p*6. Щелчком на кнопке «*OK*» завершите редактирование размерной надписи. Аналогично постройте размеры посадок колёс на валы и крышек подшипников в корпус редуктора.

Простановка позиций

Введите обозначение позиций 30, 33 для резьбового соединения. Включите кнопку «Обозначение позиций» на панели «Обозначения» компактной панели. В ответ на запрос системы укажите точку, на которую указывает линия выноска, щёлкните мышью в соответствующей точке. По умолчанию система строит полку вправо от точки её начала. Измените направление полки. Для этого откройте вкладку «Параметры» и нажмите кнопку «Полка влево» в группе «Направление полки». Щелчком на кнопке «*OK*» закройте диалоговое окно. Укажите точку начала полки. Для ввода номеров позиций щелчком мыши в поле «Текст» на панели свойств вызовите на экран диалоговое окно. Введите текст. Введите число 30.

Нажмите «*Enter*», сформируйте новую пустую строчку и введите число 33. Закройте диалоговое окно и щелчком на кнопке «Создать объект» завершите построение обозначения позиций.

Заполнение основной надписи (штампа)

С помощью команды «Вставка» – «Основная надпись» (или двойным щелчком в любой точке штампа) войдите в режим редактирования основной надписи. Заполните основную надпись так, как это показано на рис.2. Перед заполнением штампа увеличьте его во весь экран с помощью команды «Увеличить масштаб рамкой».

Заполните в ручном режиме ячейки «Обозначение документа», «Наименование изделия», «Порядковый номер листа», «Общее количество листов в документе», «Наименование предприятия», «Фамилии лиц, подписывающих документ». Для этого щелчком мыши сделайте текущей соответствующую ячейку введите нужный текст.

Заполните в полуавтоматическом режиме с помощью файла пользовательского меню и системного календаря ячейки «Масштаб», «Литера», «Дата подписания». Для этого необходимо дважды щёлкнуть в ячейке и из появившегося меню выбрать нужный текст.

Ячейки «Обозначение документа», «Наименование изделия», «Обозначение материала», «Масса изделия», «Наименование предприятия», «Порядковый номер листа» и «Общее количество листов» можно заполнить с использованием шаблона предопределённого текста. Для этого необходимо дважды щёлкнуть мышью в ячейке. На экране появится окно предопределённого текста. Последовательно откройте нужные разделы. В окне справа сделайте текущей нужную строчку и нажмите клавишу «Вставить». После этого окно шаблона закроется, а в ячейку будет загружен выбранный текст.

Построение сборочного чертежа «Вид сверху» цилиндрического редуктора полностью закончен. Он должен выглядеть так, как показано на рис.6.2. Щелчком на кнопке «Сохранить документ» на стандартной панели запишите чертёж на диск.

6.3 Построение сборочного чертежа червячного редуктора (главный вид)

Создание нового документа

Запустите КОМПАС 3*DV*8. Создайте новый документ типа «Чертёж», задайте для него формат А1, горизонтальную ориентацию в формате стиль, «Чертёж конструкторский», «Первый лист ГОСТ 2 104-68». Запишите документ под именем например ТУМ-2.07.01.100СБ в папку.

Создание нового вида

Выполните команду «Вставка» - «Вид». На панели свойств в поле «Масштаб» введите вручную или выберите из списка нужный масштаб. В текстовом поле «Имя» введите имя «Главный вид». После этого курсор примет вид символа начала координат, а в строке сообщений появится запрос «Укажите точку привязки вида». Наиболее удобным вариантом будет размещение начала координат вида в вершине нижнего левого прямого угла контура корпуса редуктора (рис.6.3). Вы можете просто щелкнуть в данной точке на глаз или точно указать её координаты в полях управления координатами курсора, задав их равными 321 мм по оси *X* и 103 мм по оси *Y*.

Построение корпуса редуктора

Постройте габаритный прямоугольник. Для этого щёлкните на кнопке «Прямоугольник». В ответ на запрос системы укажите первую угловую точку прямоугольника, переместите курсор в точку начала координат вида. На панели свойств щёлкните на кнопке «Простановка осей» и установите стиль линии «Основная». Активизируйте поле «Высота», введите значение высоты 421 мм и нажмите [*Enter*]. Аналогичным образом в поле «Ширина» введите значение 320 мм. После этого система построит прямоугольник. Разрушьте его на составные отрезки. Для этого выделите прямоугольник щелчком мыши в любой его точке и выполните команду «Редактор» - «Разрушить». Щелчком мыши на любой из

осевых линий выделите системный значок обозначения центра и разрушьте его на два независимых отрезка. Удалите горизонтальную осевую линию.

Постройте левую половину корпуса. Для этого командой «Вспомогательная прямая» проведите две прямые, параллельные нижней стороне прямоугольника. Первую на расстоянии 89 мм до осевой линии червячного вала, вторую на расстоянии 259 мм до осевой линии вала червячного колеса. С помощью команды «Ввод отрезка» постройте осевые линии. Удалите вспомогательные прямые. Проведите контур фланца, гнезда подшипника вала червячного колеса. С этой целью щелкните на кнопке «Окружность», задайте радиус 70 мм, выключите кнопку «Простановка осей». В ответ на запрос системы «Укажите точку центра окружности», укажите центр. Удалите ненужный участок окружности командой «Усечь кривую» на панели «Редактирование». Постройте контуры верхнего пояса основания и нижнего пояса крышки корпуса. Для этого проведите две вспомогательные прямые на расстоянии 14 мм от горизонтальной оси вала червячного колеса и две вспомогательные прямые на расстоянии 194 мм и 71 мм от вертикальной оси симметрии. С помощью команды «Отрезок», постройте отрезки контуров поясов. Включите кнопку «Скругления» на панели «Геометрия». В поле «Радиус» на панели «Свойств» введите радиус 5 мм и укажите мишенью курсора на соответствующие участки редактируемых прямых. Удалите все вспомогательные прямые и ненужные участки. Постройте контуры бобышек. Для этого проведите две вспомогательные прямые на расстоянии 53 мм то горизонтальной оси вала червячного колеса. Включите кнопку «Непрерывный ввод объектов» на панели «Геометрия». С помощью глобальной привязки «Ближайшая точка» укажите точку пересечения контура фланца гнезда подшипника вала червячного колеса с вспомогательной прямой на крышке корпуса. Для построения горизонтального отрезка контура бобышки в поле «Длина» на панели «Свойств» введите значение 28 мм и в поле «Угол» – значение 180° и для наклонного отрезка введите длину до

контура пояса и угол 11°. Аналогично постройте контур бобышки на основании корпуса. Удалите вспомогательные прямые. Постройте контур фланца смотрового отверстия. С этой целью проведите вспомогательную прямую на расстоянии 74.5 мм от вертикальной оси симметрии и вспомогательную прямую на расстоянии 4 мм от верхней стороны габаритного прямоугольника. С помощью команды «Ввод отрезка» постройте два отрезка контура фланца смотрового отверстия. Командой «Скругления» выполните скругление прямого угла в основании этого контура радиусом 2 мм. Удалите все вспомогательные прямые. Постройте наклонный участок контура крышки корпуса. Для этого проведите вспомогательную прямую на расстоянии 81 мм от горизонтальной оси вала червячного колеса. Через полученную точку пересечения с левой стороной габаритного прямоугольника проведите вспомогательную прямую под углом 45°. Командой «Отрезок» постройте наклонный отрезок контура. Постройте отверстие проушины. Вначале найдите центр отверстия. Для этого проведите две вспомогательные прямые на расстоянии 27 мм от левой и верхней сторон габаритного прямоугольника. Затем командой Окружность постройте окружность с радиусом 9.5 мм. Удалите вспомогательные прямые. Командой «Скругления» выполните скругления прямого угла контура проушины радиусом 9.5 мм. Для построения контура ребра жесткости на крышке проведите вспомогательную прямую на расстоянии 4.5 мм от вертикальной оси симметрии, и командой «Ввод отрезка» постройте отрезок контура. Командой «Скругление» выполните скругление контура ребра радиусом 4 мм, постройте контур опорной лапы и днища. Для этого проведите вспомогательную прямую на расстоянии 8 мм от нижней стороны габаритного прямоугольника, и командой «Ввод» отрезка постройте отрезок контура. Используя вспомогательную прямую и команду «Ввод отрезка», проведите осевую отверстия под фундаментный болт на расстоянии 42.5 мм от левой стороны габаритного прямоугольника. Удалите вспомогательные прямые.

Постройте правую половину корпуса. Вначале удалите ненужную правую половину габаритного прямоугольника. Затем с помощью команды «Выделить» - «Рамкой» выделите все геометрические объекты, относящиеся к левой половине корпуса. После этого командой «Симметрия» выполните операцию симметричного отражения выделенных объектов.

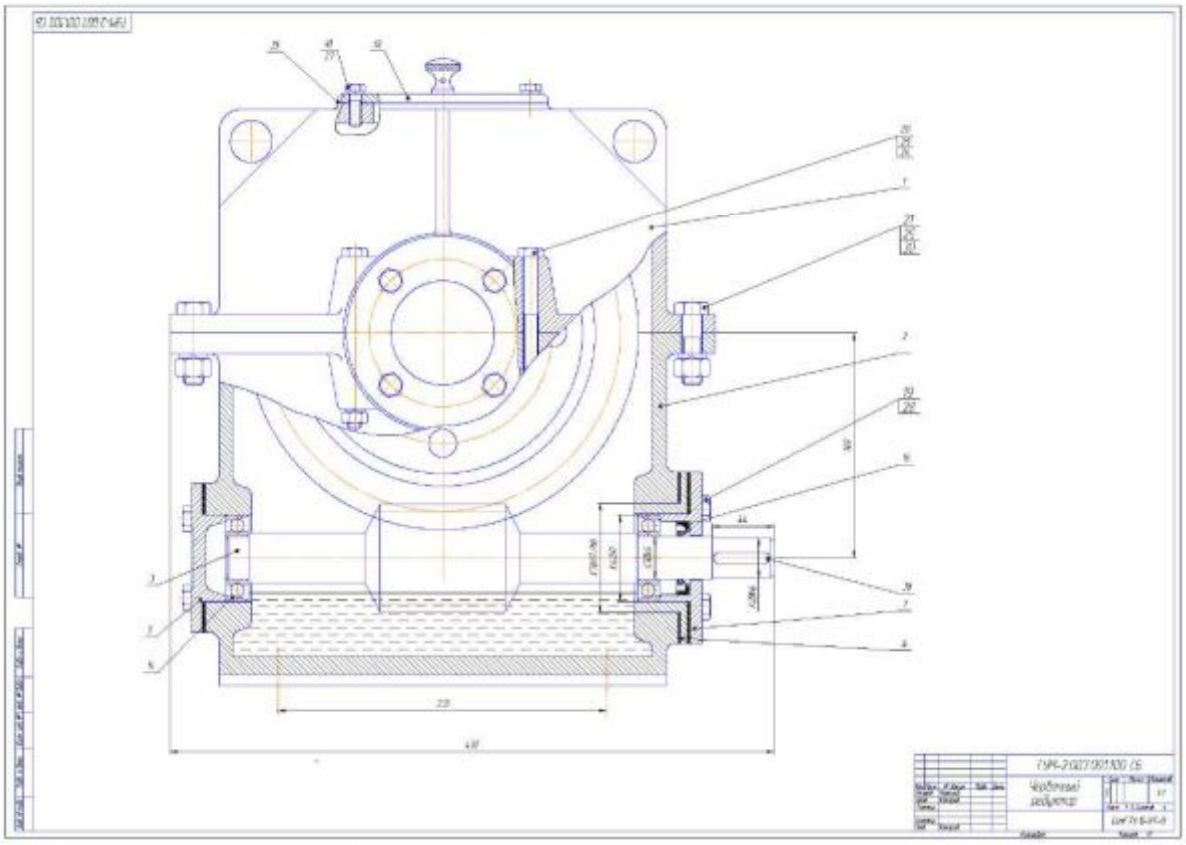


Рис. 6.3. Пример сборочного чертежа червячного редуктора (главный вид)

Постройте внутренний контур корпуса редуктора. Для этого проведите 5 вспомогательных прямых на расстоянии 9 мм от внешнего контура корпуса и вспомогательную прямую на расстоянии 12 мм от днища. Затем проведите 2 вспомогательные прямые на расстоянии 48 мм от оси червячного вала и вспомогательную прямую на расстоянии 22 мм от левой вертикальной стороны внешнего контура. Через полученные точки пересечения проведите 2 вспомогательные прямые под углом 348°30? и 11°30? соответственно.

Теперь проведите 2 вспомогательные прямые на расстоянии 56 мм от оси червячного вала и вспомогательную прямую на расстоянии 22 мм от правой вертикальной стороны внешнего контура. Через полученные точки пересечения проведите 2 вспомогательные прямые под углом 11°0? и 348°30? соответственно. Командой «Отрезок» постройте отрезки внутреннего контура. Удалите вспомогательные прямые.

Постройте контур люка. С этой целью проведите 2 вспомогательные прямые на расстоянии 49 мм по обе стороны от оси симметрии. Командой «Отрезок» постройте вертикальные отрезки контура люка. Удалите вспомогательные прямые и ненужные участки.

Постройте контур гнезда левого подшипника червячного вала. Для этого проведите вспомогательные прямые на расстоянии 53 и 31 мм по обе стороны от оси червячного вала и вспомогательную прямую на расстоянии 10 мм от левой стороны внешнего контура. Командой «Отрезок» постройте соответствующие отрезки.

Постройте контур гнезда правого подшипника червячного вала. С этой целью проведите вспомогательные прямые на расстоянии 61 и 39 мм по обе стороны от оси червячного вала и вспомогательную прямую на расстоянии 8.5 мм от правой стороны габаритного прямоугольника. Командой «Отрезок» постройте соответствующие отрезки. Затем командой «Скругления» выполните скругления прямых углов внешнего и внутреннего контуров корпуса радиусом 4 мм.

Постройте отверстие под болт крепления крышки к основанию корпуса. Для этого проведите 2 вспомогательные прямые на расстоянии 9 и 24 мм от правой кромки пояса крышки. Командой «Отрезок» постройте отрезки отверстия. Удалите вспомогательные прямые и ненужные участки.

Постройте отверстие под болт у подшипника вала червячного колеса. Вначале проведите 2 вспомогательные прямые на расстоянии 56.5 и 69.5 мм от вертикальной оси вала червячного колеса. Затем

командой «Ввод отрезка» постройте отрезки отверстия. Удалите вспомогательные прямые и ненужные участки.

Постройте резьбовое отверстие под болт крепления крышки люка к корпусу. Перед выгрузкой его из библиотеки, определите положение его базовой точки на чертеже корпуса. Для этого постройте вспомогательную прямую на расстоянии 62.5 мм от оси люка. Точка пересечения вспомогательной прямой с торцом корпуса будет базовой точкой. Активизируйте конструкторскую библиотеку. Раскройте категорию «Резьбовые отверстия» и выберите элемент «Сквозное отверстие». В диалоговом окне «Сквозные отверстия» активизируйте категорию «Параметры» и задайте параметры отверстия: диаметр 8 мм, глубина 13 мм, длина резьбы 13 мм, ось не рисовать. Щелчком на кнопке «*OK*» закройте диалоговое окно. Разверните фантом на 270° и с помощью привязки «Пересечение» выполните фиксацию библиотечного элемента в базовой точке и щелчком на кнопке «*Stop*» прекратите работу библиотеки. Удалите вспомогательную прямую.

Постройте болтовое соединение крышки с корпусом редуктора. Перед выгрузкой данного элемента из конструкторской библиотеки определите положение его базовой точки на чертеже. Для этого постройте вспомогательную прямую на расстоянии 16.5 мм от левой кромки пояса крышки корпуса. Точка пересечения вспомогательной прямой с торцом пояса будет базовой точкой для левого болта. Для определения базовой точки правого болта включите кнопку «Расстояние между двумя точками» на панели «Измерения». Включите кнопку «Отрисовать среднюю точку» на панели свойств. В ответ на запрос системы укажите крайние точки крепежного отверстия на верхнем торце пояса крышки корпуса. Активизируйте конструкторскую библиотеку. В окне библиотеки откройте раздел «Крепежный элемент». В диалоговом окне в числовом поле «Толщина пакета» введите суммарную высоту соединяемых деталей 28 мм. Выберите значение диаметра болта 14 мм, элементы «Болт ГОСТ 7798-70», «Гайка ГОСТ 5915-70», «Шайба ГОСТ 6402-70».

Щелкните на кнопке «*ОК*». Задайте нужную ориентацию элемента и укажите базовые точки на чертеже. Щелчком на кнопке «*Stop*» прервите работу библиотеки. Удалите вспомогательную прямую и лишние участки. Аналогично постройте болтовое соединение у подшипников вала червячного колеса (суммарная высота соединяемых деталей 106 мм, диаметр болта 12 мм). Для определения базовой точки левого болта проведите вспомогательную прямую на расстоянии 63 мм от вертикальной оси вала червячного колеса. Точка пересечения вспомогательной прямой с торцом бобышки будет базовой точкой для левого болта. Для определения базовой точки правого болта используйте команду «Расстояние между двумя точками».

Оформите местные разрезы. Для оформления местного разреза увеличьте нужную часть чертежа. Затем командой «Кривая Безье» постройте плавную кривую стилем «Для линии обрыва». Заштрихуйте местные разрезы и удалите ненужные участки.

Построение стакана подшипника червячного вала.

На свободном месте чертежа проведите две взаимно-перпендикулярные вспомогательные прямые. Постройте осевую линию длиной 38 мм, равной высоте стакана. Для этого включите кнопку «Отрезок» на панели «Геометрия». Укажите стиль линии «Осевая». В поле «Длина» на панели свойств введите значение длины 38 мм. Завершите работу команды щелчком на кнопке «Прервать команду». Удалите вспомогательные прямые. Теперь постройте верхнюю половину стакана. Для этого включите кнопку «Непрерывный ввод объектов» на панели «Геометрия». Установите стиль линии «Основная». С помощью глобальной привязки «Ближайшая точка» укажите правую конечную точку осевой линии. Для построения отрезка правого торца стакана в поле «Длина» на панели «Свойств» введите значение 61 мм и в поле «Угол» – значение 90°, для горизонтального отрезка фланца введите длину 5 мм и угол 180°, для вертикального отрезка торца фланца введите

длину до осевой линии и угол 270°. С помощью команды «Непрерывный ввод объектов» постройте вертикальный отрезок левого торца стакана длиной 39 мм и с углом наклона 90° и горизонтальной отрезок наружной цилиндрической поверхности стакана, для которого введите угол 0°, а положение конечной точки укажите мышью с помощью привязки «Пересечение». Удалите лишний участок вертикального отрезка. Используя вспомогательную прямую и команду «Отрезок», постройте отрезок образующей отверстия диаметром 62 мм. Командой «Симметрия» получите нижнюю половину стакана. Удалите ось симметрии и заштрихуйте стакан.

Перенесите стакан на чертеж редуктора. Вначале с помощью команды «Усечь кривую» удалите лишние участки корпуса в месте установки стакана. Затем сделайте стакан макроэлементом и постройте положение базовой точки в середине левого торца. Выделите деталь щелчком мыши в любой ее точке и включите кнопку «Сдвиг» на панели «Редактирование». В ответ на запрос «Укажите базовую точку» для сдвига щелкните мышью в построенной точке. В ответ на запрос системы «Укажите новое положение базовой точки» укажите точку пересечения оси червячного вала с внутренним контуром корпуса.

Построение червячного вала.

На свободном месте чертежа проведите две взаимно перпендикулярные вспомогательные прямые. Постройте осевую линию с первоначальной длиной равной длине вала. Для этого включите кнопку «Отрезок» на панели «Геометрия». Укажите начальную точку отрезка в точке пересечения вспомогательных прямых. Установите стиль линии «Осевая». В поле «Длина» введите значение 394 мм. Завершите работу команды и удалите вспомогательные прямые. Теперь включите кнопку «Непрерывный ввод объектов».

Установите стиль линии «Основная». С помощью глобальной привязки «Ближайшая точка» укажите левую конечную точку осевой линии. Для построения отрезка левого торца в поле «Длина» введите значение 15 мм и в поле «Угол» - значение 90^0, для горизонтального отрезка цапфы введите длину 18 мм и угол 0^0, для вертикального отрезка упорной поверхности введите длину 3 мм и угол 90^0, для горизонтального отрезка упорной поверхности введите длину 80 мм и угол 0^0. Для вертикального отрезка нарезной части введите длину 20 мм и угол 90^0, для горизонтального отрезка нарезной части введите длину 115 мм и угол 0^0, для второго вертикального отрезка нарезной части введите длину 20 мм и угол 270^0, для горизонтального отрезка второй упорной поверхности введите длину 83 мм и угол 0^0 и для вертикального отрезка второй упорной поверхности введите длину до осевой линии и угол 270^0. С помощью команды «Непрерывный ввод объектов постройте вертикальный отрезок правого торца вала длиной 14 мм и с углом наклона 90^0, горизонтальный отрезок присоединительного конца вала длиной 44 мм и с углом наклона 180^0, вертикальный отрезок длиной 1 мм и с углом наклона 90^0 и горизонтальный отрезок правой цапфы, для которой введите угол наклона 180^0, а положение конечной точки укажите с помощью привязки «Пересечение». Командой «Фаска» постройте фаски $2x45^0$ на торцах вала и командой «Перпендикулярная линия» постройте отрезки других фасок. С помощью кнопки «Выровнить по границе» продлите до осевой линии 4 вертикальных отрезка. В качестве границы выравнивания укажите осевую линию. Далее укажите выравниваемые отрезки. С помощью вспомогательных прямых и команды «Отрезок» постройте отрезки конических поверхностей с углом 25^0 и два недостающих вертикальных отрезка. Постройте половину шпонки. Для этого проведите две вспомогательные прямые, параллельные правому торцу: первую на расстоянии 3 мм, вторую на расстоянии 43 мм и вспомогательную прямую, параллельную осевой линии на расстоянии 4 мм от нее. Командой «Непрерывный ввод объектов» постройте ломаную линию из трех отрезков, а командой

«Скругление» постройте скругления радиусом 4 мм. Удалите вспомогательные прямые и лишние участки отрезков.

Постройте образующую делительного цилиндра червяка. Для этого проведите вспомогательную прямую, параллельную осевой линии на расстоянии 31,4 мм, равному радиусу делительной окружности червяка. С помощью команды «Отрезок» постройте образующую (стиль линии «Осевая»). Продлите ее вправо и влево за пределы чертежа.

Получите нижнюю половину вала с помощью команды «Симметрия». Удалите осевую линию детали.

Переместите вал на чертеж редуктора. С этой целью выделите вал целиком и командой «Сервис» - «Объединить в макроэлемент» сделайте его макроэлементом. Затем постройте положение базовой точки. Для этого щелкните по кнопке «Расстояние между двумя точками». Включите кнопку «Отрисовать среднюю точку». После этого укажите мышью две диагональные точки на цилиндре вершин червяка. Система выполнит измерение расстояния между двумя точками и проставит среднюю. Закройте диалоговое окно. Выделите вал щелчком мыши в любой его точке и включите кнопку «Сдвиг».

В ответ на запрос системы «Укажите базовую точку для сдвига» щелкните мышкой в построенной точке. В качестве нового положения базовой точки используйте точку пересечения соответствующих осевых линий на чертеже редуктора и щелчком мыши при срабатывании привязки «Пересечение» зафиксируйте вал в указанной точке. После перемещения вала удалите базовую точку и лишние участки корпуса, закрываемые валом.

Построение подшипников червячного вала

Активизируйте конструкторскую библиотеку. В окне библиотеки откройте раздел «Подшипники» и элемент «Подшипники ГОСТ 831-75». Выберите наружный диаметр 62 мм, внутренний диаметр 30 мм и ширину 16 мм. Поскольку выбранный элемент имеет уже нужную

ориентацию для левой опоры. Двойным щелчком на команде «Отключить угол» отключите режим запроса угла наклона элемента.

Для размещения библиотечного элемента в правой опоре разверните его на 180^0 и укажите точку пересечения оси вала с правым упорным торцем. Затем щелчком на кнопке «Прервать команду» и прекратите работу библиотеки.

Построение крышек подшипников

Для построения глухой крышки подшипника червячного вала на свободном месте создайте габаритный прямоугольник высотой 106 мм и шириной 25 мм с простановкой осей. Разрушьте прямоугольник на составные отрезки. С помощью вспомогательных прямых и команды «Отрезок» в верхней половине прямоугольника, постройте горизонтальный отрезок центрирующего пояска диаметром 62 мм и длиной 15 мм, вертикальный отрезок фланца, наклонный отрезок с концами на диаметрах 52 мм и 43 мм на длине 14 мм, вертикальный отрезок внутренней поверхности крышки и горизонтальный и вертикальный отрезки выточки диаметром 41 мм и глубиной 2 мм. Удалите вспомогательные прямые и лишние участки отрезков. С помощью команды «Симметрия» постройте нижнюю половину центрирующего пояска. Удалите оси симметрии и лишние участки. Заштрихуйте полученную деталь и объедините в макроэлемент. Затем постройте положение базовой точки в середине правого торца крышки. После этого командой «Копирование» перенесите крышку на чертеж редуктора. В качестве нового положения базовой точки используйте точку пересечения оси вала с торцем левого подшипника.

Для построения сквозной крышки подшипника червячного вала измените геометрию исходной крышки для установки в ней манжетного уплотнения. С этой целью разрушьте макроэлемент и уберите штриховку. Для построения оси симметрии, активизируйте команду «Горизонтальная прямая» из панели расширенных команд вспомогательных построений. Щелчком правой клавиши мыши в

любом месте чертежа вызовите на экран контекстное меню и выполните из него команду «Привязка» - «Середина». Укажите мышью на вертикальный отрезок правого торца в любой его точке. После срабатывания привязки, щелчком мыши зафиксируйте положение прямой. Командой «Деформирование сдвигом» на панели «Редактирование» увеличьте длину центрирующего пояска на 7 мм, а диаметр фланца на 16 мм. С помощью вспомогательных прямых и команды «Отрезок» постройте 2 горизонтальных отрезка длиной 10 мм на диаметре 50 мм и вертикальный отрезок гнезда под манжету и два горизонтальных отрезка, отверстия диаметром 32 мм под вал. Удалите все вспомогательные прямые и заштрихуйте крышку. Сделайте ее макроэлементом и командой «Поворот» и «Сдвиг» переместите крышку на чертеж редуктора.

Постройте глухую крышку подшипника вала червячного колеса. Для этого из центра торца вала проведите окружность фланца подшипника диаметром 129 мм, окружность выточки 67 мм и центровую окружность диаметром 105 мм. Уберите лишние участки.

Построение манжетного уплотнения.

Активизируйте конструкторскую библиотеку. В окне библиотеки откройте раздел «Манжеты ГОСТ 6752-59». Выберите наружный диаметр 50 мм, внутренний диаметр 30 мм и ширину 10 мм. Для размещения библиотечного элемента на поле чертежа укажите точку пересечения оси вала червяка с торцом гнезда под манжету в крышке подшипника. Завершите работу библиотеки и уберите лишние участки.

Построение болтов и шайб крепления крышек подшипника.

Определите положение базовых точек на сквозной крышке подшипника. Для этого проведите вспомогательные прямые на расстоянии 34,65 мм по обе стороны оси вала. Точки пересечения вспомогательных прямых с торцом крышки будут базовыми точками. Для определения положения базовых точек на глухой крышке

подшипника червячного вала проведите вспомогательные прямые на расстоянии 28 мм по обе стороны от оси вала. Активизируйте конструкторскую библиотеку. В окне библиотеки откройте раздел «Шайбы» и элемент «Шайба ГОСТ 6402-70». Выберите диаметр 10 мм и укажите положение базовых точек. Затем выгрузите из библиотеки элемент «Болт ГОСТ 7798-70». В окне настройки параметров болта задайте диаметр 10 мм, включите флажки «Стержень не рисовать» и «Ось рисовать». Укажите базовые точки на чертеже редуктора – точки перемещения вспомогательных прямых с торцами шайб.

Для определения базовых точек на крышки подшипника червячного колеса проведите через центр крышки вспомогательные прямые под углом 45° и 135°. В окне настройки параметров болта задайте новый вид болта – «Вид сверху». Укажите базовые точки на чертеже – точки пересечения вспомогательных прямых с центровой окружностью. Завершите работу библиотеки и удалите вспомогательные прямые.

Построение червячного колеса.

Командой Окружность из центра крышки подшипника вала червячного колеса постройте наибольшую окружность диаметром 280 мм, окружности центра колеса диаметром 212 и 200 мм, делительную окружность диаметром 254 мм, центровую окружность диаметром 157 мм и окружность отверстия диаметром 20 мм. Завершите работу команды и удалите лишние участки окружностей, закрываемые корпусом.

Построение крышки люка.

Проведите горизонтальную вспомогательную прямую на расстоянии 2 мм от торца люка. Точка пересечения ее с вертикальной осью будет базовой точкой. Для построения крышки можно использовать типовой фрагмент, который хранится в папке «*Library*» под именем «Крышка люка» – «Главный вид». Для вставки

фрагмента в чертеж выполните команду «Редактор» – «Вставить фрагмент». В диалоговом окне выберите файл для открытия, сделайте текущей папку «*Library*» и щелкните на кнопке «Открыть». В диалоговом окне «Способ вставки фрагмента» просто щелкните на кнопке «*ОК*». С помощью глобальной привязки «Пересечение» укажите точку пересечения вспомогательной прямой с осью симметрии крышки. Завершите работу команды «Вставить фрагмент». Оформите местный разрез крышки и удалите лишние участки.

Для построения болтов и шайб крепления крышки люка определите положение базовых точек. С этой целью включите кнопку «Расстояние между двумя точками» на панели «Измерения» и кнопку «Отрисовать среднюю точку» на панели «Свойств». В ответ на запрос системы укажите крайние точки крепежных отверстий на верхнем торце крышки. Активизируйте конструкторскую библиотеку. Откройте раздел «Шайбы» и элемент «Шайбы ГОСТ 6402-70». Выберите диаметр шайбы 8 мм. Задайте угол поворота фантома шайбы 90° и с помощью привязки «Ближайшая точка» укажите положения базовых точек шайбы на чертеже. Выгрузите из библиотеки изображения болта (ГОСТ 7798-70). В окне настройки параметров болта задайте диаметр 8 мм, длину 20 мм и включите флажок «Ось рисовать». Разверните фантом болта на 270° и укажите базовые точки на чертеже редуктора (точка пересечения оси с верхнем торцом шайбы). Завершите работу библиотеки и удалите лишние участки.

Построение прокладок.

Увеличьте место установки прокладки под фланец крышки люка. С помощью вспомогательных прямых и команды «Отрезок» постройте отрезки контура прокладки. Удалите вспомогательные прямые и заштрихуйте разрез прокладки. Аналогично постройте регулировочные прокладки под фланцы крышек подшипников и стакана.

Простановка размеров, позиций и заполнение основной надписи.

Окончательно оформите чертеж так, как это показано на рис.6.3, проставив размеры, позиций и заполнив основную надпись. Для этого используйте пример оформления чертежа цилиндрического редуктора (рис.6.2).

Построение сборочного чертежа червячного редуктора полностью закончено. Щелчком на кнопке «Сохранить документ» на стандартной панели запишите чертеж на диск.

6.4. Построение сборочного чертежа конического редуктора (вид сверху без крышки).

Создание нового документа.

Запустите КОМПАС – 3*DV*8. Создайте новый документ типа «Чертеж», задайте для него формат А1, горизонтальную ориентацию и оформите стиль «Чертеж конструкторский», «Первый лист ГОСТ 2.104-68».

Запишите созданный документ под именем, например ТУМ – 2.04.100СБ в папку Привод 04.01.

Создание нового вида.

Выполните команду «Вставка» – «Вид». На панели «Свойств» в поле «Масштаб» введите вручную или выберите из списка нужный масштаб. В текстовое поле «Имя» введите имя «Вид сверху». Нажмите кнопку «*ОК*». После этого курсор примет вид символа начала координат, а в строке сообщений появится запрос «Укажите точку привязки вида».

Скорее всего, наиболее удобным вариантом будет размещение начала координат вида в вершине нижнего левого прямого угла контура верхнего пояса корпуса редуктора (рис 6.4).

Вы можете просто щелкнуть в данной точке на глаз или точно указать ее координаты в полях управления координатами курсора, задав их равными 200 мм по оси *X* и по оси *У*.

Построение основания корпуса редуктора.

Постройте габаритный прямоугольник. Для этого щелкните на кнопке «Прямоугольник». В ответ на запрос системы «Укажите первую угловую точку прямоугольника» переместите курсор в точку начала координат вида. На панели «Свойств» щелкните на кнопке «Простановка осей» и установите стиль линии «Основная». Активизируйте поле «Высота прямоугольника» и введите значение 272 мм. Аналогичным способом в поле «Ширина прямоугольника» введите значение 497 мм. После этого система построит заданный прямоугольник. Разрушьте его на составные отрезки. Разрушьте системный значок обозначения центра на два отрезка и удалите вертикальную осевую линию.

Постройте верхнюю половину корпуса редуктора. Для этого постройте десять вертикальных вспомогательных прямых, параллельных левой стороне прямоугольника: первую на расстоянии 18 мм, вторую на расстоянии 38 мм, третью на расстоянии 138 мм, четвертую на расстоянии 167 мм до внешней стенки корпуса, пятую на расстоянии 175 мм до внутренней стенки корпуса, шестую на расстоянии 255 мм до фланца крышки подшипника тихоходного вала, седьмую на расстоянии 315 мм до осевой линии тихоходного вала, восьмую – на расстоянии 375 мм до фланца крышки подшипника тихоходного вала, девятую – на расстоянии 455 мм до удаленной внутренней стенки корпуса, десятую – на расстоянии 463 мм до удаленной внешней стенки корпуса. Затем постройте 8 вспомогательных прямых, параллельных оси симметрии прямоугольника, первую – на расстоянии 48 мм, вторую – на расстоянии 49 мм, третью на расстоянии 59 мм, четвёртую на расстоянии 66 мм, пятую – на расстоянии 80 мм, шестую - на расстоянии 88 мм, седьмую на расстоянии - 121 мм, восьмую – на расстоянии 129 мм.

С помощью команды «Отрезок» постройте ломаные линии внутренней стенки, верхнего пояса, нижнего пояса, верхней стенки и осевую линию тихоходного вала. Далее постройте 2 отрезка на

контуре крюка (стиль линии «Штриховая»). Удалите все вспомогательные прямые.

Постройте гнездо подшипника тихоходного вала. Для этого параллельно оси тихоходного вала проведите 2 вспомогательные прямые на расстоянии 42,5 мм по обе стороны от неё. С помощью команды «Отрезок» постройте 2 отрезка, образующих отверстие. Удалите вспомогательные прямые

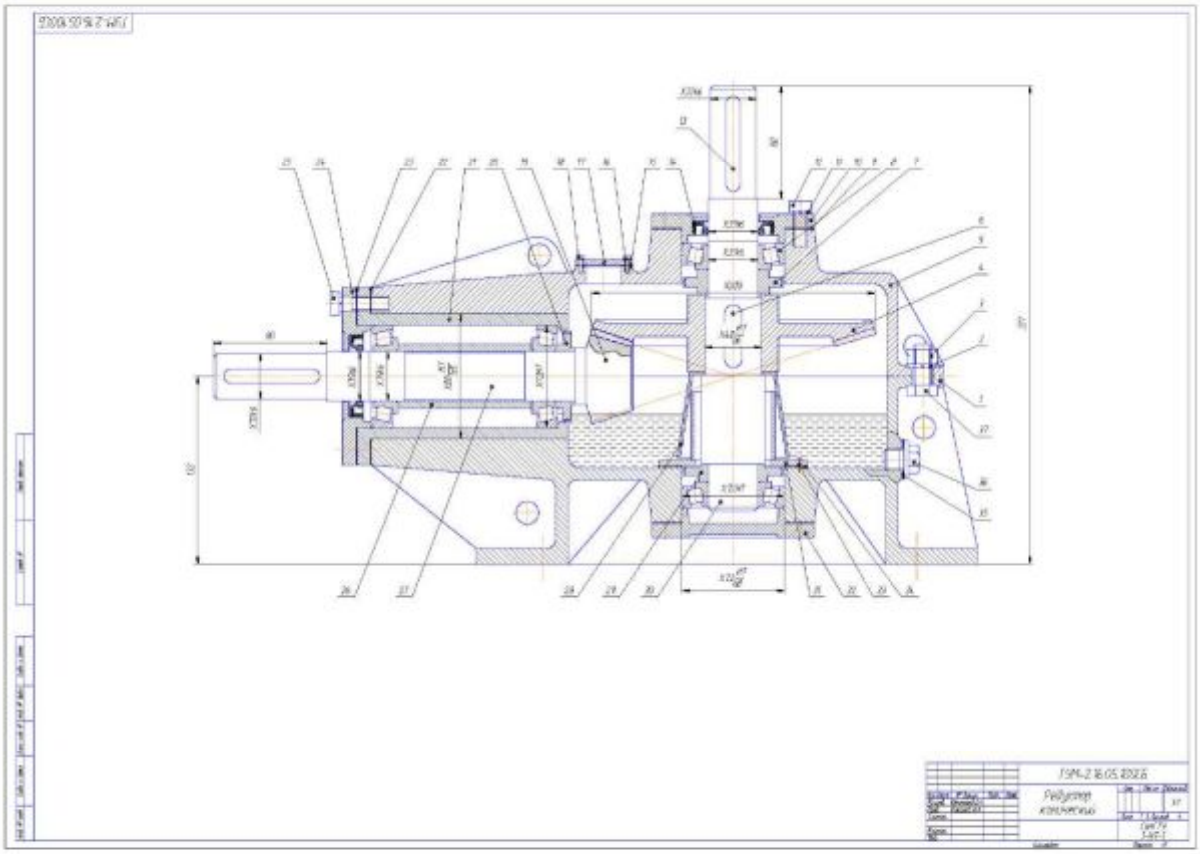


Рис. 6.4. Пример сборочного чертежа конического редуктора (разрез)

Постройте отверстия для болтов и подшипника тихоходного вала. Для этого проведите 2 вспомогательные прямые на расстоянии 88 мм по обе стороны по оси тихоходного вала и одну вспомогательную прямую на расстоянии 109 мм от оси симметрии прямоугольника. Затем щелкните на кнопке «Окружность». Задайте радиус 8,25 мм. Включите кнопки «Простановка осей» и «Запомнить состояние». В

ответ на запрос системы «Укажите точку центра окружности» с помощью глобальной привязки «Пересечение» укажите два центра (точки пересечения проведенных вспомогательных прямых). Удалите вспомогательные прямые. Аналогично постройте 2 отверстия диаметром 20 мм и 2 окружности опорных поверхностей диаметром 34 мм для фундаментных болтов на расстоянии 119 мм от оси тихоходного вала и 108 мм от оси симметрии габаритного прямоугольника.

Постройте контуры бобышек. С этой целью проведите 2 вспомогательные прямые на расстоянии 76,5 мм от оси тихоходного вала, а из центров отверстий под болты окружности касательные к ним. С помощью команды «Отрезок» постройте необходимые отрезки. Удалите вспомогательные прямые. Теперь постройте плавное сопряжение контура бобышек с контуром внешней стенки. Для этого включите кнопку «Скругление» на панели «Геометрия». В поле «Радиус» введите значение радиуса скругления 4 мм и укажите мышью на соответствующие участки. Затем выполните скругление прямых углов радиусом 4 и 12 мм для контура внешней стенки, радиусом 4 мм для контуров внутренней стенки и крюка, радиусом 10 мм для контура нижнего пояса и радиусом 10 и 46 мм для контура верхнего пояса корпуса. Удалите лишние участки окружностей бобышек и контура корпуса.

Постройте нижнюю половину корпуса. Вначале удалите ненужную нижнюю сторону габаритного прямоугольника. Затем с помощью команды «Выделить» – «Рамкой» выделите все геометрические объекты, относящиеся к верхней половине корпуса. Включите кнопку «Симметрия» на панели «Редактирование». После этого укажите ось симметрии, предварительно активизировав кнопку «Выбор базового объекта» на панели «Свойств». Система выполнит операцию симметричного отражения выделенных объектов. Прекратите работу команды и снимите выделение с объектов.

Постройте отверстие под болты и штифты, соединяющие корпус с крышкой. В начале определите центр этих окружностей. Для этого

постройте вспомогательные прямые от левой кромки верхнего пояса корпуса на расстоянии 41, 146,7 и 176 мм, от правой кромки на расстоянии 13 и 41 мм и по обе стороны от оси симметрии корпуса на расстоянии 65, 80, и 94 мм. После этого командой «Окружность» постройте окружность шести отверстий радиусом 6 мм под болты и двух отверстий радиусом 4 мм под штифты. Удалите вспомогательные прямые.

Постройте резьбовые отверстия под винты крышек подшипников. Перед выгрузкой данного элемента из прикладной библиотеки *Kompas* определите положения его базовых точек на чертеже корпуса. Для этого постройте вспомогательные прямые на расстоянии 56 мм от оси симметрии корпуса и на расстоянии 50 мм от оси тихоходного вала. Точки пересечения их с торцами корпуса и базовыми точками. Затем активизируйте библиотеку. Раскройте категорию «Резьбовые отверстия» и выберете элемент «Глухое отверстие» в диалоговом окне задайте параметры отверстия: диаметр 8 мм, глубина 16 мм, длинна резьбы 12 мм, ось не рисовать. Щелчком на кнопке «*ОК*» закройте диалоговое окно. С помощью привязки «Пересечение» выполните фиксацию элемента в первой базовой точке. Теперь разверните фантом на 90^0, активизировав поле «Угол наклона» к оси *X* на панели «Свойств» и введя значения угла поворота, и зафиксируйте элемент во второй базовой точке. Прекратите работу библиотеки и удалите вспомогательные прямые.

Для оформления местных разрезов увеличьте нужную часть чертежа. Затем командой «Кривая Безье» постройте плавную кривую стилем для «Линии обрыва». Заштрихуйте местные разрезы

Построение вал - шестерни

На свободном месте приведите 2 взаимно перпендикулярные вспомогательные прямые. Постройте осевую линию с первоначальной длинной, равной расстоянию до вершины корпуса. Для этого включите кнопку «Отрезок». Укажите начальную точку отрезка в точке пересечения вспомогательных прямых. В поле

«Длина» введите значения длинны 409,1 мм и в поле «Угол» - значение 0^0. Завершите работу команды и удалить вспомогательные прямые

Постройте верхнюю половину вала. Для этого включите кнопку «Непрерывный ввод объектов». Установите стиль линии «Основная» и с помощью глобальной привязки «Ближайшая точка» укажите левую конечную точку осевой линии. Для построения отрезка левого торца вала в поле «Длина» введите значение 15 мм и в поле «Угол» – значение 90^0, горизонтального отрезка присоединительного конца введите 60 мм и 0^0, вертикального отрезка упорной поверхности – 2,5 мм и 90^0, горизонтального отрезка упорной поверхности 26 мм и 0^0, для вертикального отрезка резьбовой поверхности 2 мм и 90^0, горизонтального отрезка резьбой поверхности 15 мм и 0^0, левого вертикального отрезка цапфы – 0,5 мм и 90^0, горизонтального отрезка левой цапфы – 26 мм и 0^0, правого вертикального отрезка левой цапфы – 2 мм 270^0, горизонтального отрезка между цапфами – 99,8 мм и 0^0, вертикального отрезка правой цапфы – 2 мм и 90^0, горизонтального отрезка правой цапфы 46,7 мм и 0^0 и вертикального отрезка упорной поверхности – 3 мм и 90^0. Через конечную точку последнего отрезка проведите горизонтальную вспомогательную прямую. Из правой конечной точки осевой линии постройте отрезок внешнего конусного расстояния длинной 134,44 мм и с углом наклона 166^0 (стиль линии «Осевая») и проведите 2 вспомогательные прямые, перпендикулярные к нему, через верхнюю конечную точку и на расстоянии 38 мм от неё. С помощью команды «Непрерывный ввод объектов» постройте отрезок внешней высоты головки зуба длинной 20,25 мм и углом 76^0 (начальная точка отрезка в верхней конечной точке отрезка внешнего конусного расстояния), отрезок конуса вершин, для которого введите угол $344,85^0$, а положение конечной точки укажите с помощью привязки «Пересечение» и отрезок правого торца вала, для которого введите длину до осевой линии и угол 270^0. Командой «Отрезок» постройте отрезки внешнего дополнительного конуса: наклонный с начальной точкой в верхней

конечной точке отрезка внешнего конусного расстояния, и два вертикальных отрезка и горизонтальный отрезок упорной поверхности. Через правую конечную точку осевой линии проведите вспомогательную прямую с углом наклона $167{,}15^0$ и постройте отрезок конуса впадин и наклонный и вертикальный отрезки внутреннего дополнительного конуса. Удалите вспомогательную прямую. Командой «Фаска» постройте фаску $2{,}5x45^0$ на левом торце вала, а командой «Перпендикулярный отрезок» – отрезок фаски. С помощью кнопки «Выровнять по границе» продлите до осевой линии 6 небольших вертикальных отрезка, в качестве границы выравнивания укажите осевую линию. Далее укажите выравниваемые отрезки. Для построения половины шпонки проведите 2 вспомогательные прямые, параллельные левому торцу: первую – на расстоянии 5 мм, вторую – на расстоянии 55 мм от торца и вспомогательную прямую, параллельную осевой линии на расстоянии 5 мм от неё. Командой «Непрерывный ввод объектов» постройте ломанную линию из 3-х отрезков. А командой «Скругление» постройте скругления радиусом 5 мм. Удалите вспомогательные прямые и лишние участки отрезков. Проведите тонкую линию резьбы на расстоянии 1,5 мм от основной линии. Для этого используйте вспомогательную прямую, параллельную оси и команду «Отрезок». Получите нижнюю половину вала с помощью команды «Симметрия». Удалите осевую линию детали

Для оформления местных разрезов в месте канавки глубиной 3,5 мм для стопорной шайбы и на зубчатом венце используйте команды «Вспомогательная прямая», «Отрезок», «Кривая Безье» и «Штриховка», удалите лишние участки.

Теперь переместите вал на чертёж редуктора. С этой целью выделите весь вал целиком и командой «Сервис» – «Объединить в макроэлемент» сделайте его макроэлементом. Затем выделите вал щелчком мыши в любой его точки и включите кнопку «Сдвиг». В ответ на запрос системы укажите базовую точку для сдвига щелкните мышью вершины конуса. В ответ на запрос системы «Укажите новое

положение базовой точки» переместите курсор в точку пересечения осевых линий на чертеже редуктора и щелчком мыши при срабатывании привязки «Пересечение» зафиксируйте вал в указанной точке. Завершите работу команды и удалите лишние участки корпуса, которые теперь закрываются валом.

Построение конического колеса

На свободном месте проведите две взаимно – перпендикулярные прямые и постройте осевую линию с первоначальной длинной равной 70 мм. Удалите вспомогательные прямые. Теперь постройте верхнюю половину колеса. С помощью команды «Непрерывный ввод объектов» постройте вертикальные отрезок левой торца ступицы длинной 40 мм и с углом наклона 90^0 (начальная точка в левой конечной точке отрезка осевой линии) и горизонтальный отрезок ступицы длинной 27 мм и с углом наклона 0^0. Через конечную точку последнего отрезка проведите вертикальную вспомогательную линию. Используя команду «Непрерывный ввод объектов» постройте вертикальный отрезок правого торца ступицы длинной 40 мм и с углом наклона 90^0 (начальная точка на осевой линии на расстоянии 65мм от её левой конечной точки) и горизонтальный отрезок ступицы 20 мм и с углом наклона 180^0. Через конечную точку последнего отрезка проведите вертикальную вспомогательную прямую. И с правой конечной точки осевой линии постройте отрезок внешнего конусного расстояния длинной 134,44 мм и углом наклона 104^0 градуса (стиль линии «Осевая») и две вспомогательные прямые, перпендикулярные к нему, через верхнюю конечную точку и на расстоянии 38 мм от нее. С помощью команды «Непрерывный ввод объектов» постройте отрезок внешней высоты головки зуба длинной 2,25 мм и с углом наклона 14^0 (начальная точка в верхней конечной точке отрезка внешнего конусного расстояния), отрезок конуса вершин, для которого введите угол $344{,}85^0$, а положение конечной точки укажите с помощью привязки «Пересечение», и отрезок правого торца обода, для которого угол 270^0 и длину до

горизонтального отрезка ступицы. Командой «Непрерывный ввод объектов» постройте наклонный отрезок обода длинной 9,7 мм и с углом наклона 194^0 (начальная точка в верхней конечной точке отрезка внешнего конусного расстояния), отрезок с углом наклона $105,15^0$ и длинной до пересечения с вертикальной вспомогательной прямой и отрезок на ней до ступицы. Через правую конечную точку осевой линии проведите вспомогательную прямую с углом наклона $105,15^0$ и постройте на ней отрезок конуса впадин, наклонный отрезок внутреннего дополнительного конуса, вертикальный отрезок правого торца диска и вертикальный отрезок левого торца обода. Используя вспомогательные прямые и команду «Отрезок» настройте отрезок отверстия диаметра 50 мм под вал, отрезки отверстия диаметром 24 мм в диске и его осевую линию на расстоянии 64,5 мм от оси колеса. Командой «Симметрия» получите нижнюю половину колеса и командой «Штриховка» оформите сечение колеса. Удалите ось колеса и замените нижний отрезок внешнего конуса, используя стиль линии «Штриховая».

Перенесите колесо на чертеж редуктора. С этой целью сделайте колесо макроэлементом. Затем выделите колесо и включите кнопку «Поворот». Для изменения ориентации колеса введите угол 270^0 в поле «Угол». Включите кнопку «Сдвиг». В ответ на запрос системы «Укажите базовую точку для сдвига» щелкните мышью в вершине конуса. В ответ на запрос системы «Укажите новое положение базовой точки» переместите курсор в точку пересечения осевых линий на чертеже редуктора и щелчком мыши зафиксируйте колесо в указанной точке. Завершите работу команды.

Построение тихоходного вала

На свободном месте постройте горизонтальную осевую линию длинной 336 мм равной длине вала. Командой «Непрерывный ввод объектов» постройте вертикальный отрезок левого торца вала длинной 22,5 мм с углом наклона 90^0, горизонтальный отрезок длинной 50 мм с углом наклона 0^0, вертикальный отрезок длинной 2.5

мм с углом наклона 90^0, горизонтальный отрезок длинной 65 мм с углом наклона 0^0 градусов, вертикальный отрезок длинной 1,5 мм с углом наклона 90^0, горизонтальный отрезок длинной 72,5 мм с углом наклона 0^0 и вертикальный отрезок длинной до осевой линии с углом наклона 270^0. С помощью команды «Непрерывный ввод объектов» постройте вертикальный отрезок правого торца вала длинной 20 мм с углом наклона 90^0, горизонтальный отрезок длинной 70 мм с углом наклона 180^0, вертикальный отрезок длинной 2,5 мм с углом наклона 90^0 и горизонтальный отрезок правой цапфы вала с углом наклона 180^0, а положение конечной точки укажите мышью с помощью привязки «Пересечение». Командой «Фаска» и «Перпендикулярный отрезок» постройте фаски $1x45^0$ на торцах вала, а командой «Выровнять по границе» продлите до осевой линии 3 небольших вертикальных отрезка. Используя вспомогательные прямые и команды «Непрерывный ввод объектов» и «Скругление», постройте половины двух шпонок шириной 12 и 14 мм и длинной 63 и 56 мм.

Командой «Симметрия» постройте нижнюю половину вала. Удалите ось симметрии вала и сделайте его макроэлементом. Постройте положение базовой точки в середине торца в упорной ступени для колеса. Командой «Сдвиг» переместите вал на чертёж редуктора. В качестве нового положения базовой точки используйте точку пересечения нижнего торца колеса с осевой линией. После перемещения вала удалите базовую точку и лишние участки корпуса, закрываемые валом.

Построение мазеудерживающих колец

На свободном месте проведите осевую линию длинной 0,5 мм, равной ширине кольца тихоходного вала. В начале постройте верхнюю половину кольца. Для этого командой «Непрерывный ввод объектов» постройте отрезок нового торца вала длинной 26,5 мм с углом наклона 90^0, горизонтальный отрезок длинной 10,5 мм с углом 0^0, вертикальный отрезок длинной 15,7 мм с углом наклона 90^0, 6 отрезков канавок треугольного сечения с углом при вершине 60^0 и

шагом 2 мм, вертикальный отрезок длинной до осевой линии с углом наклона 270^0. Повторите команду «Непрерывный ввод объектов» и постройте отрезок правого торца длинной 26,5 мм с углом наклона 90^0 и горизонтальный отрезок с углом наклона 180^0, положение конечной точки которого укажите мышью с помощью привязки «Пересечение». Удалите лишние участки отрезка. Используя вспомогательную прямую и команду «Отрезок», постройте отрезок отверстия диаметром 45 мм под вал и командой «Симметрия» получите нижнюю половину кольца. Удалите ось симметрии и заштрихуйте кольцо.

Перенесите кольцо на чертеж редуктора. Вначале удалите лишние участки корпуса в месте установки колец, затем сделайте кольцо макроэлементом и постройте положение базовой точки в середины левого торца. Выделите кольцо, и командой «Поворот» поверните его на угол 270^0. Командой «Копирование» перенесите кольцо на чертёж редуктора. В ответ на запрос системы «Укажите базовую точку выделенных объектов» щелкните мышью в построенной базовой точке. В ответ на запрос «Укажите новое положение базовой точки» укажите точку пересечения оси вала с его верхним упорным торцом. Командой «Поворот» поверните исходное кольцо на угол 90^0 и командой «Копирование» перенесите его на чертёж редуктора. В качестве нового положения базовой точки укажите точку пересечения оси вала с его нижним упорным торцом.

Для построения кольца быстроходного вала измените геометрию исходного кольца таким образом, чтобы увеличилась длинна левого выступа до 13,5мм и уменьшилась толщина выступа и длинна правого выступа на 3 мм, диаметр внутреннего отверстия до 40 мм и наружной диаметр до 71,4 мм. Для этого разрушите макроэлемент и удалите штриховку. С помощью команды «Деформация сдвигом» выполните сдвиг вдоль оси X торца левого выступа на величину – 3 мм и правого выступа на величину – 5,5 мм и вдоль оси Y верхней половины кольца на величину 5 мм, верхнего контура кольца на величину 1 мм, нижнего контура кольца на величину 1 мм, верхнего

контура канавок на величину 3 мм и нижнего контура канавок на величину 3 мм. Заштрихуйте полученное кольцо и объедините его в макроэлемент. Командой «Копирование» перенесите кольцо на чертёж редуктора. В качестве нового положения базовой точки используйте точку пересечения оси быстроходного вала с его правым упорным торцем. Удалите исходное кольцо.

Построение подшипников

Активизируйте конструкторскую библиотеку. Откройте раздел «Подшипники» и элемент «Подшипники ГОСТ 333-79». Выберите параметры подшипника тихоходного вала: наружный диаметр 85 мм, внутренний 45 мм и ширина 21 мм. Для размещения библиотечного элемента в верхней опоре вала разверните его на 270^0 и укажите точку пересечения оси вала с упорным торцом мазеудерживающего кольца. Для размещения элемента в нижней опоре разверните его на 90^0 и укажите точку пересечения вала с упорным торцем мазеудерживающего кольца.

Выберите параметры подшипника быстроходного вала: наружный диаметр 80 мм, внутренний диаметр 40 мм и ширина 20 мм. Для размещения элемента в правой опоре вала разверните его на 180^0 и укажите точку пересечения оси вала с упорным торцем мазеудерживающего кольца. Для размещения библиотечного элемента в левой опоре разверните его на 0^0 и укажите точку на оси вала на расстоянии 107 мм от правого подшипника. Завершите работу библиотеки.

Построение распорной втулки и колец

На свободном месте, используя вспомогательные прямые и команды «Отрезок» и «Штриховка», постройте распорную втулку быстроходного вала с наружным диметром 48 мм, внутренним диаметром 40 мм и длинной 107 мм. Сделайте ее макроэлементом и командой «Сдвиг» переместите на чертеж редуктора. Аналогично постройте для быстроходного вала распорное кольцо с диаметром 46

мм и 40 мм и шириной 5 мм, для подшипникового узла быстроходного вала распорное кольцо с диаметрами 80 мм и 72 мм и шириной 19 мм и для подшипниковых узлов тихоходного вала два распорных кольца с диаметрами 85 мм и 72 мм и шириной 8 мм.

Построение стакана подшипникового узла быстроходного вала

На свободном месте постройте осевую линию 187 мм, равной длине стакана. Постройте верхнюю половину стакана. С помощью команды «Непрерывный ввод объектов» постройте вертикальный отрезок левого торца стакана длинной 66 мм с углом наклона 90^0, горизонтальный отрезок длинной 10 мм с углом наклона 0^0, вертикальный отрезок длинной 18 мм с углом наклона 270^0, горизонтальный отрезок 37 мм с углом наклона 0^0 и вертикальный отрезок длинной до осевой линии с углом наклона 270^0. Повторно включите кнопку «Непрерывный ввод объектов» и постройте вертикальный отрезок правого торца стакана длинной 48 мм с углом наклона 90^0, горизонтальный отрезок длинной 40 мм с углом наклона 180^0, вертикальный отрезок длинной 1 мм с углом наклона 270^0 и горизонтальный отрезок с углом наклона 180^0, а положение конечной точки укажите с помощью привязки «Пересечение». Уберите лишний участок и проведите вспомогательную прямую параллельно осевой линии на расстоянии 40 мм от нее. Теперь постройте внутренний контур стакана. Для этого командой «Непрерывный ввод объектов» постройте горизонтальный отрезов длинной 47 мм с углом наклона 0^0 (начальная точка в токе пересечения вспомогательной прямой с левым торцом стакана) вертикальный отрезок длинной 1 мм с углом наклона 90^0, горизонтальный отрезок длинной 100 мм с углом наклона 0^0, вертикальный отрезок длинной 1мм с углом наклона 270^0, горизонтальный отрезок длинной 23 мм с углом наклона 0^0, вертикальный отрезок длинной 4 мм с углом наклона 270^0 и горизонтальный отрезок с углом наклона 0^0 до пересечения с торцем стакана. Командой «Выровнять по границе» продлите до оси три

небольших вертикальных отрезка. Командой «Симметрия» постройте нижнюю половину стакана. Используя вспомогательные прямые и команду «Отрезок», постройте 2 отрезка крепежного отверстия диаметром 9 мм на расстоянии 56 мм от оси стакана. Удалите вспомогательные прямые и ось стакана. Заштрихуйте полученную деталь и объедините ее в макроэлемент. Постройте положение базовой точки в середине торца упорной ступени под подшипник и командой «Сдвиг» переместите стакан на чертёж редуктора. В качестве нового положения базовой точки используйте точку пересечения торца правого подшипника с осевой линией. Удалите базовую точку и лишние участки.

Построение крышек подшипника

Для построения глухой крышки тихоходного вала на свободном месте проведите осевую линию длинной 18 мм, равной ширине крышки. Командой «Непрерывный ввод объектов» постройте вертикальный отрезок левого торца верхней половины крышки длинной 60 мм с углом наклона 90^0, горизонтальный отрезок длинной 12 мм с углом наклона 0^0 и вертикальный отрезок с углом наклона 270^0 до пересечения с осью. Повторно включите кнопку «Непрерывный ввод объектов» и постройте вертикальный отрезок правого торца длинной 42,5 мм с углом наклона 90^0 и горизонтальный отрезок с углом наклона 180^0 до пересечения с фланцем крышки. Удалите лишний участок. С помощью вспомогательных прямых и команды «Отрезок» постройте отрезки внутренней поверхности крышки горизонтальной длинной в 12 мм на диаметре 72 мм и вертикальный. Командой «Симметрия» получите нижнюю половину крышки. Удалите ось симметрии, заштрихуйте крышку и объедините ее в макроэлемент. Затем постройте положение базовой точки в середине торца центрирующего пояска. После этого командами «Поворот» и «Копирование» перенесите крышку на чертеж редуктора. В качестве нового положения базовой точки используйте точку пересечения оси вала с торцем распорного кольца.

Для построения сквозной крышки тихоходного вала измените геометрию исходной крышки. С этой целью разрушьте макроэлемент и уберите штриховку. Для построения оси симметрии активизируйте команду «Горизонтальная прямая». Щелчком правой клавиши мыши вызовите на экран контекстное меню и выполните из него команду «Привязка» – «Середина». Укажите мышью на вертикальный отрезок левого торца в любой его точке. После срабатывания привязки зафиксируйте положение рамкой. С помощью вспомогательных прямых и команды «Отрезок» постройте от левого торца 2 горизонтального отрезка длинной 4 мм отверстия диаметром 47 мм под вал, два горизонтальных отрезка длинной 12 мм отверстия диаметром 65 мм под манжету и два вертикальных отрезка внутренней поверхностей и два крепежных отверстия на расстоянии 50 мм от оси крышки два горизонтальных отрезка длинной 8 мм на диаметре 15 мм, два горизонтальных отрезка на диаметре 9 мм и вертикальный отрезок. Удалите лишние участки, заштрихуйте крышку и сделайте ее макроэлементом. Командами «Поворот» и «Копирование» переместите крышку на чертеж редуктора. В качестве нового положения базовой точки используйте точку пересечения оси вала с торцем нижнего распорного кольца.

Для построения сквозной крышки быстроходного вала на свободном месте проведите осевую линию длинной 18 мм, равной ширине крышки. Командой «Непрерывный ввод объектов» постройте вертикальный отрезок левого торца верхнего половины крышки длинной 66 мм с углом наклона 90^0, горизонтальный отрезок длинной 12 мм с углом наклона 0^0 и вертикальный отрезок с углом наклона 270^0 до пересечения с осью. Повторите включение команды «Непрерывный ввод объектов» и постройте вертикальный отрезок правого торца длинной 40 мм с углом наклона 90^0 и горизонтальный отрезок с углом наклона 180^0 до пересечения с фланцем крышки. Удалите лишний участок. Проведите горизонтальную вспомогательную прямую на расстоянии 18,5 мм от оси и командой «Непрерывный ввод объектов» постройте отрезки внутренней

поверхности крышки от его левого торца: горизонтальный длинной 4 мм с углом наклона 0^0, вертикальной длинной 10,5 мм с углом наклона 90^0, горизонтальной длинной 10 мм с углом наклона 0^0, вертикальный длинной 7 мм с углом наклона 90^0 и горизонтальный с углом наклона 0^0 до пересечения с левым торцем. Командой «Симметрия» получите нижнюю половину крышки с пощью вспомогательных прямых и командой «Отрезок» постройте от левого торца для крепёжного отверстия на расстоянии 56 мм от оси крышки два горизонтальных отрезка длинной 8 мм на диаметре 15 мм, два горизонтальных отрезка на диаметре 9 мм и вертикальный отрезок. Удалите ось симметрии, заштрихуйте крышку и объедините ее в макроэлемент. Постройте положение базовой точки в середине левого торца и командой «Копирование» перенесите деталь на чертеж редуктора. В качестве нового положения базовой точки используйте точку пересечения оси быстроходного вала с торцем распорного кольца. Уберите лишние участки.

Построение манжетных уплотнителей

Активируйте конструкторскую библиотеку. Откройте раздел «Манжеты ГОСТ 8752-79». Выберете параметры манжеты тихоходного вала: наружный диаметр 65 мм, внутренний диаметр 45 мм и ширина 12 мм для размещения библиотечного элемента на чертеже редуктора укажите точку пересечения оси с торцем гнезда под манжету в крышке подшипника. Для манжеты быстроходного вала выберете наружный диаметр 58 мм, внутренний диаметр 35 мм и шпонку 10 мм. Разместите элемент на чертеже, указав точку пересечения оси быстроходного вала с торцем гнезда под манжету в крышке подшипника. Завершите работу библиотеки и удалите лишние участки.

Построение винтов, шайб и гайки

Активируйте конструкторскую библиотеку. Выберете элемент «Шайба стопорная ГОСТ 11872-89». Задайте диаметр резьбы 39 мм и

разместите шайбу на чертеже редуктора так, чтобы ее правый торец совпал с левым торцом распорного кольца быстроходного вала. Откройте раздел «Гайка» и выберете элемент «Гайка круглая ГОСТ11871-88» с диаметром резьбы 39 мм. Для размещения элемента на чертеже укажите точку пересечения оси с торцем стопорной шайбы.

Для построения винтов и шайб крепления крышек подшипников определите положение базовых точек. С этой целью включите кнопку «Расстояние между двумя точками» на панели «Измерения» и кнопку «Отрисовать среднюю точку» на панели «Свойств». В ответ на запрос системы укажите крайние точки крепёжных отверстий на торцах крышек. Активируйте конструкторскую библиотеку и выберете элемент «Шайба ГОСТ 6402-70» с диаметром 8 мм. Задайте угол поворота элемента 0^0 и укажите базовую точку на крышке подшипника быстроходного вала. Теперь задайте угол поворота 90^0 и укажите базовую точку на крышке подшипника тихоходного вала. Выгрузите из библиотеки элемент «Винт ГОСТ 1491-80». В окне настройки параметров задайте диаметр 8 мм. Длину 30 мм и включите флажок «Ось рисовать». Установите угол поворота элемента 0^0 и разместите его на крышке быстроходного вала. Задайте длину винта 20 мм. Установите угол поворота элемента 90^0 и разместите его на крышке тихоходного вала. Завершите работу библиотеки и удалите лишние участки.

Построение регулировочных прокладок

Увеличите место установки прокладок под фланец стакана. С помощью вспомогательных прямых и команды отрезок постройте отрезки контура прокладок. Уберите вспомогательные прямые и заштрихуйте разрез прокладок. Аналогично постройте прокладки под фланцами крышек подшипников.

Построение маслоуказателя

С помощью вспомогательных прямых и команды «Отрезок» постройте осевую линию на расстоянии 40 мм от внутренней стенки корпуса редуктора длинной 86 мм с левым концом на расстоянии 42 мм от внутренней вертикальной стенки, два горизонтальных отверстия на расстоянии 3 мм от осевой линии и один вертикальный отрезок видимой части стержня. Командой «Эллипс» постройте эллипс ручки с центром на правом конце осевой линии с вертикальной полуосью длинной 9 мм. Продлите ось маслоуказателя за пределы его корпуса. Уберите вспомогательные прямые и лишние участки эллипса, закрываемые корпусом.

Простановка размеров, позиций и заполнение основной записи

Окончательно оформите чертеж так, как это показано на рис.6.4, проставив размеры, позиции и заполнив основную надпись. Для этого используйте пример оформления чертежа цилиндрического редуктора (рис.6.2).

Построение сборочного чертежа конического редуктора полностью закончено. Щелкните на кнопке «Сохранить документ» на стандартной панели запишите чертеж на диск.

В приложении П.89… П.110 представлены примеры оформления электронных чертежей общего вида привода, сборочных чертежей и рабочих чертежей деталей различных типов редукторов.

6.5 Создание спецификации.

Для выполнения спецификации выполните команду «Файл» - «Создать» - «Спецификация» или нажмите кнопку «Создать» на стандартной панели. С помощью команды «Сервис» - «Параметры» - «Текущая спецификация» установите стиль «Простые спецификации ГОСТ 2106-96». Выполните команду «Настройка спецификации» на панели «Спецификация». В появившемся на экране диалоговом окне отключите опцию «Связь сборочного чертежа со спецификацией».

Запишите созданный документ под именем, например ТУМ-2.04.01.000 в папку Привод 04.01.

Теперь можно приступить к заполнению бланка спецификации. Создайте раздел «Документация». С этой целью включите кнопку «Добавить раздел». В диалоговом окне «Выберите раздел и тип объекта» сделайте текущим раздел «Документация» и щелкнете на кнопке «Создать». Заполните строку, как это показано на рисунке 6.5. После заполнения всех ячеек строки необходимо подтвердить создание объекта. Для этого щелкните мышью в любом свободном месте спецификации.

Создайте раздел «Сборочной единицы». Для этого включите кнопку «Добавить раздел». В диалоговом окне сделайте текущим раздел «Сборочной единицы» и щелкните на кнопке «Создать». Заполните первую строку так, как это показано на рисунке 6.5. После заполнения ячеек подтвердите создание объекта. Добавление второго объекта выполните команду «Добавить базовый объект». Система создаст новую строку, которую вы должны заполнить так, как это показано на рисунке 6.5. Аналогично заполните раздел «Стандартные изделия».

Для того, чтобы получить доступ к штампу, щелкните на кнопке «Разметка страницы» на стандартной панели. Заполните штамп аналогично заполнению основной надписи любого документа. Выполните двойной щелчок мышью в области штампа, система перейдет в режим его редактирования. Заполните штамп так, как это показано на рисунке 6.5. Для выхода из режима работы со штампом достаточно щелкнуть мышью в не его. Ваша спецификация полностью готова. Сохраните ее на диске.

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				Документация		
			ТУМ-2.019.002.500	Чертеж общего вида		
				Сборочные единицы		
		1	ТУМ-2.019.002.501	Редуктор		
		2	ТУМ-2.019.002.502	Рама		
				Стандартные изделия		
				Болт ГОСТ 7798-70		
		3		М12х55	4	
		4		М16х50	6	
				Гайка ГОСТ 2524-70		
		5		М12	4	
		6		М16	6	
		7		Муфта УВП 250-38-12-30-12	1	
				ГОСТ 21424-75	4	
				Шайба ГОСТ 6402-70		
		8		12	4	
		9		16	6	
		10		Электродвигатель 4А132S2	1	
				ГОСТ 19523-81		

Перв. примен. | Справ. № | Подп. и дата | Инв. № дубл. | Взам. инв. № | Подп. и дата | Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ТУМ-2.019.002.500			
Разраб.					Привод	Лит.	Лист	Листов 1
Пров.								
Н.контр.								
Утв.								

Копировал Формат А4

Рис.6.5. Пример оформления спецификации

Библиографический список

1. Иванов М.Н., Финогенов В.А. Детали машин: Учеб. – М.: Высш.шк., 2005. 408 с.

2. Андриенко Л.А., Байков Б.А., Ганулич И.К. и др. Детали машин: Учеб. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2007. 520 с.

3. Иосилевич Г.Б. Детали машин: Учеб. Для машиностроит. И мех спец. Вузов. – М. Машиностроение 1988, 366 с.

4. Решетов Д.Н. Детали машин: Учеб. Для машиностроит. и мех спец. вузов. – М. Машиностроение 1989. 496с.

5. Скойбеда А.Т. Детали машин и основы конструирования: Учеб. Минск Высш шк 2006. 560 с.

6. Чернавский С.А.,Боков К.Н и др. курсовое проектирование деталей машин: Учеб пособие для техникумов. М.: Машиностроение 1988. 415 с.

7. Шейнблит А.Е. Курсовое проектирование деталей машин: Учеб. Пособие. – Калининград: Янтарный сказ 2005. 455 с.

8. Чернилевский Д.В. Детали машин. Проектирование приводов технологического оборудования: Учеб пособие. – М.: Машиностроение 2002. 560 с.

9. Андросов А.А. Расчет и проектирование деталей машин: Учебное пособие. – Ростов на Дону: Феникс, 2006. 286 с.

10. Дунаев П.Ф. Детали машин. Курсовое проектирование: Учеб пособие. – М.: Машиностроение, 2004. 560 с.

11. Дунаев П.Ф., Леликов О.Н. Конструирование узлов и деталей машин: Учеб пособие. – М.: Academia, 2004. 496 с.

12. Балдин В.В., Галевко В.В. Детали машин и основы конструирования: Передачи: Учеб пособие. – М.:ИКЦ «Академкнига», 2006. 332 с.

13. Курмаз Л.В. Скойбеда А.Т. Детали машин: Проектирование: Справ. учеб. метод. пособие. М.: Высш. шк., 2005. 308 с.

14. Детали машин: Атлас конструкций. В 2-х ч. Ч.1 и Ч.2/Под ред. Д.Н.Решетова. М.: Машиностроение. 1992.

15. Анурьев В.И. Справочник конструктора – машиностроителя. В 3 т. М.: Машиностроение. 1992.

16. Крайнев А.Ф. Детали машин: Словарь – справочник. М.: Машиностроение, 1992. 480 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица П.1

Среднее значение КПД и передаточных чисел передач

Тип передачи	КПД	Передаточное число
Зубчатая закрытая передача (с учетом потерь в подшипниках)	0,95…0,97	2…8
Зубчатая открытая передача	0,95…0,97	3…7
Червячная закрытая передача (с учетом потерь в подшипниках) с числом заходов z_1=1…4	0,7…0,9	10…40
Цепная передача	0,94…0,96	2…5
Ременная передача с клиновым ремнем	0,95…0,97	2…4
Ременная передача с плоским ремнем	0,97…0,98	2…5

Таблица П.2

Электродвигатели асинхронные серии 4А, закрытые обдуваемые (по ГОСТ 19523-81)

Мощность, кВт	Синхронная частота вращения, об/мин											
	3000			1500			1000			750		
	Типоразмер	s, %	$\frac{T_П}{T_Н}$	Типоразмер	s, %	$\frac{T_П}{T_Н}$	Типоразмер	s, %	$\frac{T_П}{T_Н}$	Типоразмер	s, %	$\frac{T_П}{T_Н}$
0.55	63В2	8.5		71А4	7.3		71В6	10		80В8	9	1.6
0.75	71В4	5.9		71В4	7.5		80А6	8.4		90LА8	8.4	
1.1	71В2	6.3		80А4	5.4		80В6	8.0		90LВ8	7.0	
1.5	80А2	4.2	2.0	80В4	5.8		90L6	6.4	2.0	100L8	7.0	
2.2	80В2	4.3		90L4	5.1	2.0	100L6	5.1		112МА8	6.0	
3.0	90L2	4.3		100S4	4.4		112МА6	4.7		112М8	5.8	1.8
4.0	100S2	3.3		100L4	4.7		112МВ6	5.1		132S8	4.1	
5.5	100L2	3.4		112М4	3.7		132S2	3.3		132М8	4.1	
7.5	112М2	2.5	1.6	132S4	3.0		132М6	3.2		160S8	2.5	1.4
11.0	132М2	2.3		132М4	2.8		160S6	2.7		160М8	2.5	
15	160S2	2.1		160S4	2.3		160М6	2.6		180М8	2.5	
18.5	160М2	2.1		160М4	2.2		180М6	2.7		200М8	2.3	
22	180S2	2.0		180S4	2.0		200М6	2.8		200L8	2.7	
30	180М2	1.9	1.4	180М4	1.9	1.4	200L6	2.1		225М8	1.8	
37	200М2	1.9		200М4	1.7		225М6	1.8		250S8	1.5	1.2
45	200L2	1.8		200LА	1.6		250S6	1.4		250М8	1.4	
55	225М2	1.8		225М4	1.4		250М6	1.3	1.2	280S8	2.2	
75	250S2	1.4		250S4	1.2		280S6	2.0		280М8	2.2	
90	250М2	1.4		250М4	1.3	1.2	280М6	2.0		315S8	2.0	1.0
110	280S2	2.0	1.2	280S4	2.3		315S6	2.0		315М8	2.0	

Примечания:

1. Пример условного обозначения электродвигателя мощностью 11 кВт, синхронная частота вращения 1500 об/мин.

Электродвигатель 4А132М4У3

2. Значения символов в условных обозначениях: цифра 4 указывает порядковый номер серии, буква А – род двигателя – асинхронный. Следующие за буквой А числа (двух- или трехзначные) соответствуют

высоте оси вращения, мм; буквы L, S и M относятся к установочным размерам по длине станины; буквы А и В – условные обозначения длины сердечника статора. Цифры 2, 4, 6 и 8 означают число полюсов. Последние два знака УЗ показывают, что двигатель предназначен для эксплуатации в зоне умеренного климата.

3. В графе s указано скольжение, %; в графе $T_П/ T_Н$ даны значения отношения величин пускового и номинального вращающих моментов.
4. Габаритные и установочные размеры двигателей серии 2А даны в табл. П2.

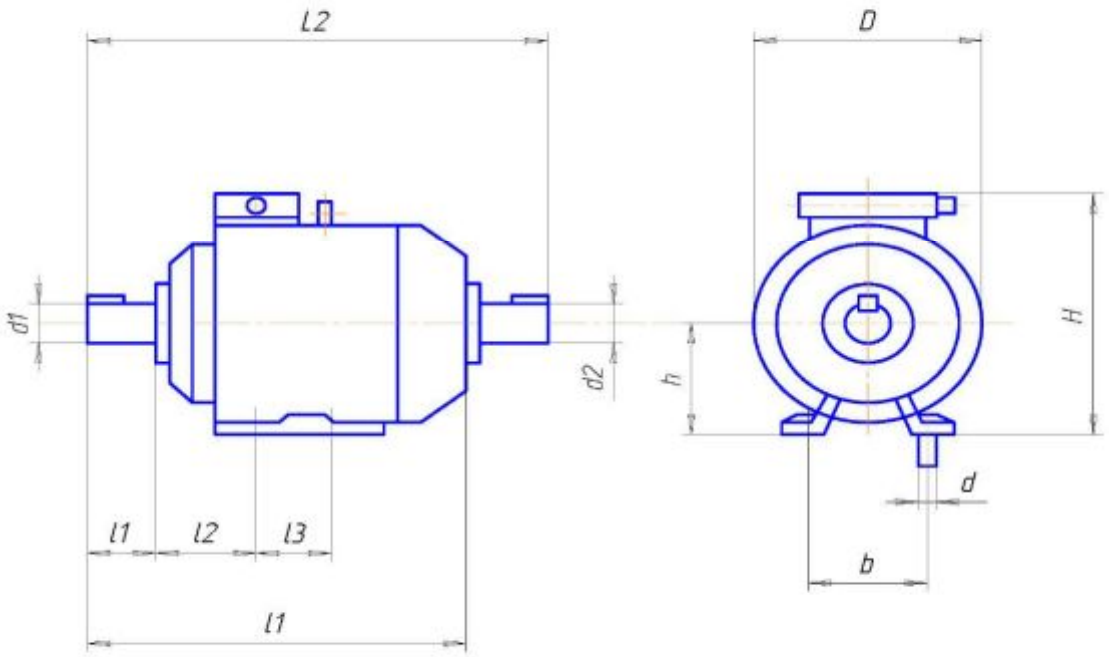


Рис. П.2.

Окончание таблицы П. 2

Типо-размер	Число полюсов	Габаритные размер, мм				Установочные и присоединительные размеры, мм						
		L_1	L_2	H	D	d_1	d_2	l_1	l_2	l_3	b	d
4*AA*50	2; 4	174	198	142	112	9	9	20	32	63	80	5,8
4*AA*56	2; 4	194	221	152	128	11	11	23	36	71	90	5,8
4*AA*63	2; 4; 6; 8	216	250	164	138	14	14	30	40	80	100	7
4*A*71	2; 4; 6; 8	285	330	201	170	19	19	40	45	90	112	7
4*A*80*A*		300	355	218	186	22	22	50	50	100	125	10
4*A*80*B*		320	375									
4*A*90*L*		350	405	243	208	24	24	50	56	125	140	10
4*A*100*S*	2; 4; 6; 8	365	427	265	235	28	28	60	63	132	160	12
4*A*100*L*		395	457	280						140		
4*A*112*M*		452	534	310	260	32	32	80	70	140	190	12
4*A*132*S*		480	560	350	302	38	38	80	89	178	216	12
4*A*132*M*		530	610									
4*A*160*S*	2	624	737	430	358	42	42	110	108	178	254	15
	4; 6; 8					48						
4*A*160*M*	2	667	780			42				210		
	4; 6; 8					48						
4*A*180*S*	2	662	778	470	410	48	48	110	121	203	279	
	4; 6; 8					55				241		
4*A*180*M*	2	702	818			48						
	4; 6; 8					55						

Таблица П.3

Стандартный ряд передаточных чисел

Передача	Ряд	Значение передаточных чисел
Зубчатая	первый	1; 1,25; 1,6; 2,0; 2,5; 3,15; 4,0; 5,0; 6,3; 8,0
	второй	1,12; 1,; 1,8; 2,24; 2,8; 3,55; 4,5; 5,6; 7,1; 9,0
червячная	первый	8; 10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80
	второй	9; 11,2; 14; 18; 22,4; 28; 35,5; 45; 56; 71

Таблица П.4

Механические свойства сталей

Марка стали	Предельный Диаметр D, мм	Предельная ширина S, мм	HB сердцевины	HRC	σ_B	σ_T	Термическая обработка
					МПа		
Заготовка-поковка, штамповка, прокат							
35	Любой	Любой	163-197	—	550	270	Нормализация
45	>>	>>	179-207	—	600	320	>>
45	125	80	235-262	—	780	540	Улучшение
45	80	50	269-302	—	890	650	>>
40Х	200	125	235-262	—	790	640	>>
40Х	125	80	269-302	—	900	750	>>
40Х	125	80	269-302	45-50	900	750	Улучшение + закалка ТВЧ
40Х	120	60	269-302	50-59	1000	800	Улучшение + азотирование
35ХМ	315	200	235-262	—	800	670	Улучшение
35ХМ	200	125	269-302	—	920	790	>>
35ХМ	200	125	269-302	48-53	920	790	Улучшение + закалка ТВЧ
40ХН	315	200	235-262	—	800	630	Улучшение
40ХН	200	125	269-302	—	920	750	>>
40ХН	200	125	269-302	48-53	920	750	Улучшение + закалка ТВЧ
20ХН2М	200	125	300-400	56-63	1000	800	Улучшение + цементация + закалка
18ХГТ	200	125	300-400	56-63	1000	800	То же
12ХН3А	200	125	300-400	56-63	1000	800	>>
25ХГМ	200	125	300-400	56-63	1000	800	>>
40ХН2МА	125	80	269-302	50-56	980	780	Улучшение + азотирование
Заготовка - Стальное литье ($d_a > 500$)							
35Л	Любой	Любой	163-207	—	550	270	Нормализация
45Л	315	200	207-235	—	680	440	Улучшение
40ГЛ	315	200	235-262	—	850	600	>>

Примечание:

1. Для передач, к размерам которых не предъявляют высоких требований, следует применять дешёвые марки сталей типа 45,40 Х.
2. Для равномерного изнашивания зубьев и лучшей их прирабатываемости разность средних твёрдостей рабочих поверхностей зубьев шестерни и колеса назначают $HB_{1ср}$-$HB_{2ср}$=20…50. В ряде случаев для увеличения нагрузочной способности зубчатой передачи с непрямыми зубьями принимают $HB_{1ср}$-$HB_{2ср}$≥70.
3. Приблизительное соотношение твёрдостей: 1 *HRC* – 10 *HB*.
4. Для получения при термической обработке принятых механических характеристик материала колёс размеры заготовок $D_{заг}$, $S_{заг}$, $C_{заг}$ не должны превышать предельно допустимых значений $D_{пред}$ и $S_{пред}$.

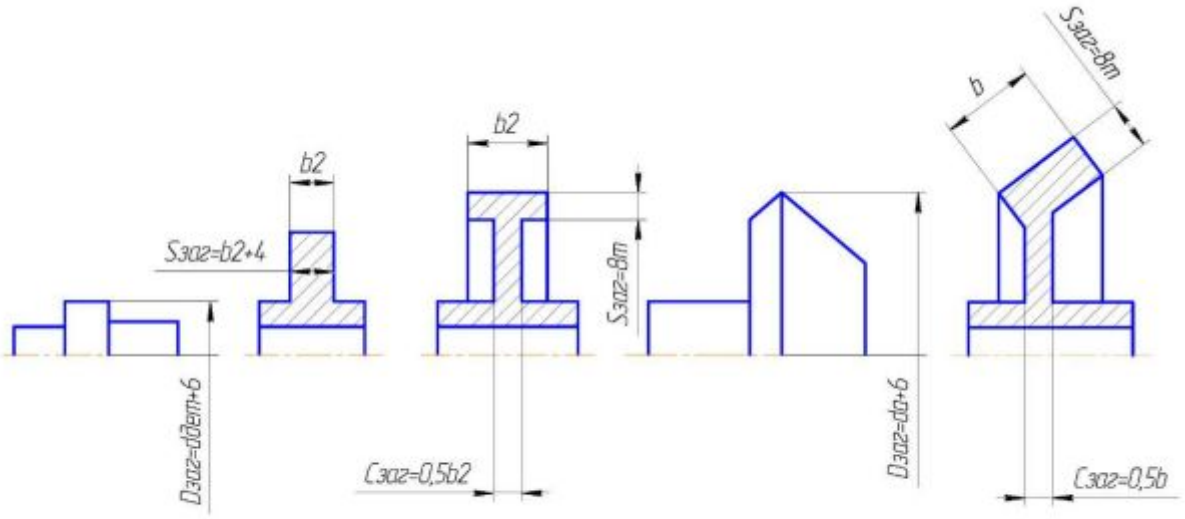


Рис. П.4.

Таблица П. 5

Пределы выносливости и коэффициенты безопасности

Термическая обработка	Стали	σ_{HO}, МПа	S_H	σ_{FO}, МПа	S_F	$[\sigma_{H\max}]$, МПа	$[\sigma_{F\max}]$, МПа
Нормализация улучшение	40; 45; 40Х; 40ХН; 35ХМ и др.	$2HB_{ср}+70$	1.1	$1.8HB_{ср}$	1.75	2.8 σ_T	$2.74HB_{ср}$
Объёмная закалка	40Х; 40ХН; 35ХМ и др.	$18HRC_{ср}+150$		500			1400
Закалка при нагреве ТВЧ по всему контуру (модуль)	58; У7	$17HRC_{ср}+200$	1.2	630		$40HRC_{ср}$	1260
	40Х;35ХМ; 40ХН и др.			420			
Закалка при нагреве ТВЧ сквозная с охватом впадины (модуль)	40Х; 35ХМ 40ХМ и др.			375			1430
Азотирование	40Х; 40ХФА; 40ХН2МА и др.	1050		$10HRC_{ср}+240$		$30HRC_{ср}$	1000
Цементация и Закалка	Цементуемые стали всех марок 20ХН2М; 12ХН3А	$23HRC_{ср}$		600 700	1.5	$40HRC_{ср}$	1200
Нитро-цементация и закалка	25ХГМ	$23HRC_{ср}$		750		$40HRC_{ср}$	1520

Таблица П. 6

Определение допускаемых напряжений

Наименование параметров	Обозначение	Расчётные формулы и указания
1. Допускаемое контактное напряжение, Мпа: шестерни	$[\sigma_H]_1$	$[\sigma_H]_1 = \frac{\sigma_{HO1}}{S_{H1}} \cdot K_{HL1}$
колёса	$[\sigma_H]_2$	$[\sigma_H]_2 = \frac{\sigma_{HO2}}{S_{H2}} \cdot K_{HL2}$
		Где σ_{HO} – предел контактной выносливости зубьев при базовом числе циклов нагружения $N_{HO} = 30 \cdot HB_{ср}$; находиться по таблице П. 5; S_{HO} – коэффициент безопасности по таблице П. 5 $K_{HL1} = \sqrt[6]{\frac{N_{HO}}{N}}$;—коэффициент долговечности. При постоянной нагрузке N=60nt - действительное число цикло нагружения, где n – частота вращения колеса, для которого определятся допускаемое напряжение, мин$^{-1}$; t=365$LK_cK_г$ – суммарное время работы передачи под нагрузкой. При переменной нагрузке $N = 60n\sum(M_i/M_{max})t_i$ - эквивалентное число циклов нагружения, где M_i, t_i, M_{max} - момент время работы при режиме i, максимально длительно действующий момент, определяемый по графику нагрузки. Для однородной структуры материала $1 < K_{HL} \leq 2{,}6$, для поверхностно упрочнения

		$1 < K_{HL} \leq 1{,}8$. Если $N > N_{HO}$, то $K_{HL} = 1$ За расчётное значение допускаемого контактного напряжения $[\sigma_H]$ принимаются: меньшее из $[\sigma_H]_1$ и $[\sigma_H]_2$ – для передач при $HB_{1ср} - HB_{2ср} = 20\ldots50$. При $HB_{1ср} - HB_{2ср} \geq 70$: $[\sigma_H] = 0{,}45([\sigma_H]_1 + [\sigma_H]_2) \leq 1{,}23[\sigma_H]_2$ – для цилиндрических передач с непрямыми зубьями; $[\sigma_H] = 0{,}45([\sigma_H]_1 + [\sigma_H]_2) \leq 1{,}15[\sigma_H]_2$ – для конических передач с непрямыми зубьями.
2. Допускаемые напряжения изгиба, МПа: шестерни колеса	 $[\sigma_F]_1$ $[\sigma_F]_2$	$[\sigma_F]_1 = \frac{\sigma_{F01}}{S_{F1}} \cdot K_{FC} \cdot K_{FL1}$ $[\sigma_F]_2 = \frac{\sigma_{F02}}{S_{F2}} \cdot K_{FC} \cdot K_{FL2}$, где σ_{F0} – предел изгибной выносливости при базовом числе циклов нагружения $N_{F0} = 4 \cdot 10^6$ находиться по табл. П. 5; S_F – коэффициент безопасности, находиться по таб. П5; K_{FC} – Коэффициент, учитывающий реверсивность передачи (K_{FC}=1- для нереверсивной передачи; K_{FC}=0,7-для реверсивной передачи при $HB \leq 350$; K_{FC}=0,8- для реверсивной передачи при $HB > 350$) $K_{FL} = \sqrt[m]{\frac{4 \cdot 10^6}{N}}$;-коэффициент долговечности; m=6; $1 \leq K_{FL} \leq 2.08$ - при $HB < 350$, а также для колёс закаленных ТВЧ с обрывом

		закалённого слоя у переходной поверхности и закалённых колёс со шлифованной переходной поверхностью; $m = 9$; $1 \leq K_{FL} \leq 1{,}63$ - при $HB<350$; если $N>4 \cdot 10^6$, $K_{FL}=1$; при переменной нагрузке $N = 60n\sum\left(M_i / M_{\max}\right)^m t_i$
3. Предельное допускаемое контактное напряжение, МПа	$[\sigma_{Hmax}]$	Выбирается по таблице П.5
4. Предельное допускаемое напряжение изгиба, МПа	$[\sigma_{Fmax}]$	Выбирается по таблице П.5

Таблица П.7

Расчёт на контактную прочность

Наименование параметров	Обозначение	Расчётные формулы и указания
1. Коэффициент ширины колеса относительно межосевого расстояния	ψ_a	Выбирается по табл. П9 из стандартных чисел: 0,1; 0,125; 0,16;0.3; 0.35; 0.315; 0.4; 0.5; 0.63; 0.8; 1.0
2. Межосевае расстояние, мм	a_w	$a_w = K_a(u \pm 1)\sqrt[3]{\dfrac{M_2 K_{H\beta}}{\psi_a([\sigma_H]u)^2}}$ Где $K_a = 49{,}5$ – для прямозубой передачи; $K_a = 43$ – для косозубой и непрочной передачи; знак «+» - для внешнего зацепления, а «-» - для внутреннего; Коэффициент $K_{H\beta}$ концентрация нагрузки определяется по табл. П.12 для коэффициента ширина колеса относительного диаметра $\psi_d = 0.5\psi_a\,(u \pm 1)$.

		Межосевое расстояние округляют до стандартного значения, мм: 63; 80; 100; 125; 140; 160; 180; 200; 225; 250; 280; 315; 355; 400; 450; 500.
3. Модуль, мм	m	m=(0.01…0.2) a_w – при HB<350 m=(0.016…0.0315) a_w - при HB>350 Для силовых передач рекомендуется m>1,5 мм. Модуль округляют до стандартных значений, мм: 1-й ряд – 1,5; 2; 2,5; 3; 4; 5; 6; 8; 10; 12; 2-й ряд – 1,75; 2,25; 2,75; 3,5; 4,5; 5,5; 7; 9.
4. Сумарное число зубьев	Z_C	$Z_C = \frac{2a_w \cos\beta'}{m}$, где угол наклона зубьев β'=0 – для прямозубой передачи. β'= arcsin (3.5 · m/ a_W · ψ_a) – для косозубой передачи; для шевронной передачи предварительно применяют β'=25…40?. Число Z_C округляют до ближайшего меньшего целого числа.
5. Число зубьев шестерни	Z_1	$Z_1 = \frac{Z_C}{u \pm 1}$; Число Z_1 округляют до ближайшего целого числа. Рекомендуется: Z_1≥22…35 – для быстроходной ступени; Z_1≥18…26 – для тихоходной ступени.
6. Число зубьев колеса	Z_2	$Z_2 = Z_C \pm Z_1$ Знак "-" для внешнего зацепления, а "+" для внутреннего

7. Фактическое передаточное число	u	$u = Z_2 / Z_1$ Отклонение от заданного $u = \lvert u_ф - u \rvert / u \cdot 100\% \leq 4\%$
8. Окончательный угол наклона зубьев, град	β	$\beta = \arccos \frac{Z_C m}{2a_w}$; Точность вычисления β до пятого знака после запятой.
9. Коэффициент воспринимаемого смещения для прямозубой передачи	y	$y = \frac{a_w - a}{m}$, где $a = \frac{Z_2 \pm Z_1}{2}$, - делительное межосевое расстояние.
10. Коэффициент уравнительного смещения	y	Определяется по номограмме (рис. П.8) при $y = 0$, $\Delta y = 0$
11. Суммарный коэффициент смещения исходного контура	x_C	$x_C = y + \Delta y$
12. Коэффициент смещения исходного контура для шестерни	x_1	$X_1 = 0.5\left[X_C - \frac{Z_2 - Z_1}{Z_2 + Z_1}(X_c - \Delta y)\right]$, - для внешнего зацепления; $X_1 = \frac{(Z_2 + Z_1)(x_c - \Delta y)}{2(Z_2 - Z_1)} - \frac{x_c}{2} + \Delta y$, - для внутреннего зацепления
13.Коэффициент смещения исходного контура для колеса	x_2	$x_2 = x_C \pm x_1$ Знак “+”- для внешнего зацепления, а ”-” - для внутреннего

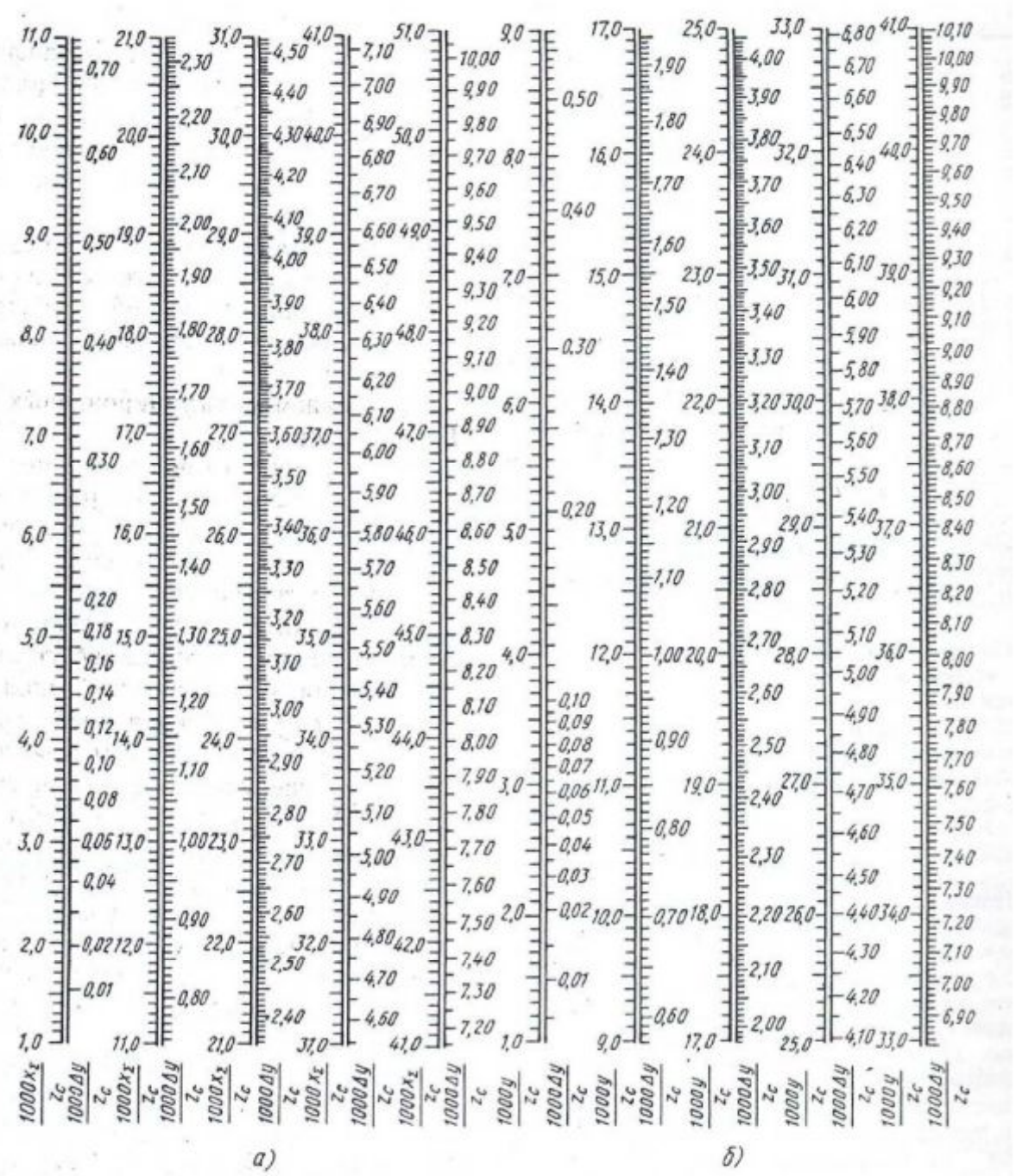


Рис. П.8. Номограмма для определения коэффициента уравнительного смещения Δy: а – при проектировании новой передачи по x_{Σ} и б – при вписывании передачи в заданное межосевое расстояние a_w по $y = \dfrac{a_w - a}{m}$ и Z_c

Таблица П.9

Коэффициент ширины колеса относительно межосевого расстояния ψ_a

Расположение колес относительно опор в редукторах	Твердость рабочих поверхностей зубьев	
	HB_1 и HB_2<350 или HB_2<350	HB_1 и HB_2>350
Симметричное	0,3…0,5	0,25…0,3
Несимметричное	0,25…0,4	0,2…0,25
Консольное	0,2…0,25	0,15…0,2

Примечания:

1. Для шевронных колес значения коэффициента увеличивают в 1,3-1,4 раза.
2. Для подвижных колес коробок скоростей ψ_a=0,1...0,2.
3. Большие значения – для постоянных и близких к ним нагрузок.
4. Для многоступенчатых редукторов в каждой последующей ступени значение коэффициента принимают больше на 20...30% чем в предыдущей.

Таблица П.10

Расчет основных геометрических параметров

Наименование параметров	Обозначение	Расчетные формулы и указания	
		Без смещения исходного контура	со смещения исходного контура
1. Межосевое расстояние, мм	a_W	$a_W=m(z_2\pm z_1)/(2\cos\beta)$	$a_W=m((z_2\pm z_1)/(2\cos\beta)+y)$
2. Делительный диаметр шестерни, мм	d_1	$d_1=mz_1/\cos\beta$	
3. Делительный диаметр колеса, мм	d_2	$d_2=mz_2/\cos\beta$	
4. Начальный диаметр шестерни, мм	d_{W1}	$d_{W1}=d_1$	$d_{W1}=2a_W/(u_ф\pm1)$
5. Начальный диаметр колеса, мм	d_{W2}	$d_{W2}=d_2$	$d_{W2}=d_{W1}\cdot u_ф$
6. Диаметр вершин зубьев шестерни, мм	d_{a1}	$d_{a1}=d_1+2m$	

внешнего зацепления внутреннего зацепления			$d_{a1}= d_1+2(1+x_1-\Delta y)m$, $d_{a1}= d_1+2(1+x_1)m$
7. Диаметр вершин зубьев колеса, мм внешнего зацепления внутреннего зацепления	d_{a2}	$d_{a2}= d_2+2m$ $d_{a2}= d_2-2m$	$d_{a2}= d_2+2(1+x_2-\Delta y)m$ $d_{a2}= d_2-2(0.75-0.875 x_2 + \Delta y)m$ при $x_2 < 2$
8. Диаметр впадин зубьев шестерни, мм	d_{f1}	$d_{f1}=d_1-2.5\ m$	$d_{f1}=d_1-(2.5-2\ x_1)m$
9. Диаметр впадин зубьев колеса, мм внешнего зацепления внутреннего зацепления	d_{f2}	$d_{f2}=d_2-2.5\ m$	$d_{f2}=d_2-(2.5-2\ x_2)m$
		$d_{f2}=2\ a_W+ d_{a1}+0.5m$	
10. Ширина колеса, мм.	b_2	$b_2=\psi_a \cdot a_W$	
11. Ширина шестерни, мм.	b_1	$b_1=b_2+5$	
12. Угол профиля Исходного контура, град.	α	$\alpha =20^0$	
13. Угол зацепления, град	α_W	$\mathrm{tg}\ \alpha_W = \mathrm{tg}\ \alpha_W \cdot(\mathrm{tg}\alpha/\cos\beta)$	$\mathrm{Cos}\ \alpha_W = (a/a_W)\cdot \cos\alpha$

Примечания:

1. Вычисления по формулам должны производиться с точностью до 0,01
2. Значение ширины колес округляют до целого числа по ряду: R_a40: 8; 8.5; 9; 9.5; 10; 10.5; 11; 12; 13; 14; 15; 16; 17; 18; 19; 20; 21; 22; 24; 25; 26; 28; 30; 32; 34; 36; 38; 40; 42; 45; 48; 50; 53; 56; 60; 63; 67; 71; 75; 80; 85; 90; 95; 100; 105; 110; 120; 125; 130; 140; 150; 160; 170; 180; 190; 200; 220; 240; 250; 260; 280;…

Таблица П.11

Проверка пригодности заготовок колес

Наименование параметров	Обозначение	Расчетные формулы указания
1. Диаметр заготовки шестерни, мм	$D_{заг}$	$D_{заг}=d_{a1}+6\leq D_{пред}$
2. Толщина заготовки колеса, мм. обода диска	 $S_{заг}$ $C_{заг}$	 $S_{заг}=8\cdot m \leq S_{пред}$ $C_{заг}=0{,}5\cdot b_2 \leq S_{пред}$

Таблица П.12

Проверочный расчет на контактную прочность.

Наименование параметров	обозначение	Расчетные формулы и указания
1. Окружная скорость м/с	V	$V=\omega_2\, d_{w2}/2$
2. Коэффициент динамической нагрузки	K_{HV}	Выбираем по табл. П. 14 степень точности передачи выбирается по табл. П.13
3. Коэффициент концентрации нагрузки	$K_{H\beta}$	Выбираем по табл. П. 15
4. Коэффициент нагрузки	K_H	$K_H= k_{HV}\cdot\cdot k_{H\beta}$
5. Коэффициент неравномерности распределения нагрузки между зубьями	$K_{H\alpha}$	Определяем по табл. П. 20, для прямозубых колес: $K_{H\alpha}=1$
6. Коэффициент торцевого перекрытия	ε_α	$\varepsilon_\alpha = \dfrac{\sqrt{d_{a1}^{\,2}-(d_1\cdot\cos\alpha_1)^2} \pm \sqrt{d_{a2}^{\,2}-(d_2\cdot\cos\alpha_2)^2} \mp 2a_w \sin\alpha_{wt}}{2\arccos\alpha_1}$ Верхний знак относится к внешнему зацеплению, нижний знак – к внутреннему

7. Коэффициент повышения прочности косозубой передачи по контактной напряженности	$K_{ПН}$	$K_{ПН} = \frac{K_{Пa}\,\sigma_a}{\cos^2\beta}$ Для прямозубых колес $K_{ПН}$ =1
8. Контактное напряжение, МПа	σ_H	$\sigma_H = \frac{340}{u_ф} \cdot \sqrt{\frac{M_2 K_H (u_ф \pm 1)}{a_w^3 \psi_a K_{HH}}}$, Разрешается недогрузка не более 10% и перегрузка до 5% .

Таблица П. 13

Степень точности зубчатых передач.

Степень точности	Окружная скорость вращения колес V, м/с	
	Прямозубых	косозубых
6	До 15	До 30
7	10	15
8	6	10
9	7	4

Таблица П. 14

Коэффициент динамической нагрузки K_{HV}.

Степень точности	Твердость поверхностей зубьев	V, м/с					
		1	2	4	6	8	10
6	а	1,03	1,06	1,12	1,17	1,23	1,28
		1,01	1,02	1,03	1,04	1,06	1,07
	б	1,02	1,04	1,07	1,1	1,15	1,18
		1,00	1,00	1,02	1,02	1,03	1,04
7	а	1,04	1,07	1,14	1,21	1,29	1,36
		1,02	1,03	1,05	1,06	1,07	1,08
	б	1,03	1,05	1,01	1,14	1,19	1,24
		1,00	1,01	1,02	1,03	1,03	1,04

8	а	1,04	1,08	1,16	1,24	1,32	1,4
		1,01	1,02	1,04	1,06	1,07	1,08
	б	1,03	1,06	1,1	1,16	1,22	1,26
		1,01	1,01	1,02	1,03	1,04	1,05
9	а	1,05	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
		1,01	1,03	1,05	1,07	1,09	1,12
	б	1,04	1,07	1,13	1,2	1,26	1,32
		1,01	1,01	1,02	1,03	1,04	1,05

Примечание:

1. Твердость поверхности зубьев : а)HB_1< 350 и HB_2 < 350 или HRC_1 >45 и HB_2 < 350 ; б) HRC_1 >45 и HRC_2 >45

2. Значение в числителе относится к прямозубым передачам, а в знаменателе к косозубым.

Таблица П.15

Коэффициент концентрации нагрузки $K_{H\beta}$

Расположение колес относительно опор	Твердость поверхности зубьев	$\psi_d=b_2/d_{w2}$								
		0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
Консольное	HB ‹ 350	1,15	1,24	1,3						
	HB › 350	1,33	1,5							
Несимметричное	HB ‹ 350	1,04	1,06	1,08	1,11	1,15	1,18	1,32	1,25	1,3
	HB › 350	1,08	1,14	1,21	1,29	1,36				
Симметричное	HB ‹ 350	1,0	1,02	1,03	1,04	1,05	1,07	1,09	1,11	1,14
	HB › 350	1,02	1,04	1,06	1,09	1,12	1,16	1,21		

Таблица П.16

Проверочный расчет зубьев колес на изгибающую прочность.

Наименование параметров	обозначения	Расчетные формулы и указания
1.Эквиволентное число зубьев: шестерни колеса	$Z_{Э1}$ $Z_{Э2}$	$Z_{Э1}=Z_1/\cos^3\beta$ $Z_{Э2}= Z_2/\cos^3\beta$
2. Коэффициент формы зуба: Шестерни колеса	Y_1 Y_2	$Y_1=3.47+13.2/ Z_{Э1}-27.9x_1/ Z_{Э1}+0.092x_1^2$ $Y_2=3.47+13.2/ Z_{Э2}-27.9x_2/ Z_{Э2}+0.092x_2^2$ Для прямозубых колес $Z_Э$=Z.Для колес с внутренними зубьями Y_2 выбирается по табл. 17
3. Коэффициент динамической нагрузки	K_{FV}	выбирается по табл. 18
4. Коэффициент концентрации нагрузки	$K_{F\beta}$	выбирается по табл. 19
5. Коэффициент нагрузки	K_F	$K_F= K_{FV} \cdot K_{F\beta}$
6. Коэффициент неравномерности распределения нагрузки между зубьями	$K_{F\alpha}$	выбирается по табл. 20, для прямозубых колес $K_{F\alpha}$=1
7. Коэффициент повышения прочности косозубой передачи по напряжениям изгиба	$K_{\Pi F}$	$K_{\Pi F}= K_{F\alpha}(1-\beta/140)/ \varepsilon_\alpha$ для прямозубых колес $K_{\Pi F}$=1

8. Напряжение изгиба, МПа	σ_F	$\sigma_F = 2M \cdot K_F \cdot K_{\Pi F} \cdot Y/(d \cdot m \cdot b)$ $\sigma_F \leq [\sigma_F]$ расчет выполняется по тому из колес которое отношение $[\sigma_F]/Y$ меньше.

Таблица П.17

Коэффициент формы зуба колес с внутренними зубьями.

$Z_2(Z_{\text{Э}2})$	40	45	50	56	60	≥70
Y_2	4.02	3.95	3.88	3.84	3.8	3.75

Таблица П.18

Коэффициент динамической нагрузки K_{FV}.

Степень точности	Твердость поверхностей зубьев	V, м/с					
		1	2	4	6	8	10
6	а	1.06	1.13	1.26	1.4	1.53	1.67
		1.02	1.05	1.7	1.15	1.2	1.25
	б	1.02	1.04	1.08	1.11	1.14	1.17
		1.01	1.02	1.03	1.04	1.06	1.07
7	а	1.08	1.16	1.33	1.5	1.67	1.8
		1.03	1.05	1.11	1.16	1.22	1.27
	б	1.03	1.05	1.01	1.13	1.17	1.22
		1.01	1.02	1.03	1.05	1.07	1.08
8	а	1.1	1.2	1.38	1.58	1.78	1.06
		1.03	1.06	1.11	1.17	1.23	1.29
	б	1.04	1.06	1.12	1.16	1.21	1.26
		1.01	1.02	1.03	1.05	1.07	1.08
9	а	1.13	1.28	1.5	1.77	1.98	1.25
		1.04	1.07	1.14	1.21	1.28	1.35
	б	1.04	1.07	1.14	1.21	1.27	1.34
		1.01	1.02	1.04	1.06	1.08	1.09

Примечание:

1. Твердость поверхности зубьев: а)$HB_1 < 350$ и $HB_2 < 350$ или $HRC_1 > 45$ и $HB_2 < 350$; б) $HRC_1 > 45$ и $HRC_2 > 45$

2.Значение в числителе относится к прямозубым передачам, а знаменатель к косозубым.

Таблица П.19

Коэффициент концентрации нагрузки $K_{F\beta}$.

Расположение колес относительно опор	Твердость поверхности зубьев	$\psi_d = b_2/d_{W2}$								
		0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8
Консольное с опорами шариковые подшипники	*HB* ‹ 350	1,18	1,37	1,62						
	HB › 350	1,35	1,7							
Роликовые подшипники	*HB* ‹ 350	1,1	1,21	1,4	1,59					
	HB › 350	1,2	1,45	1,72						
Несимметричное	*HB* ‹ 350	1,04	1,07	1,12	1,17	1,23	1,3	1,38	1,45	1,
	HB › 350	1,05	1,1	1,18	1,28	1,4	1,53			
Симметричное	*HB* ‹ 350	1	1,03	1,05	1,08	1,1	1,13	1,19	1,25	1,
	HB › 350	1,07	1,09	1,13	1,2	1,3	1,4			

Таблица П. 20

Коэффициент неравномерности распределения нагрузки между зубьями.

Окружная скорость *V* м/с	Степень точности	$K_{H\alpha}$	$K_{F\alpha}$
До 5	7	1,03	1,07
	8	1,07	1,22
	9	1,13	1,35
Св. 5 до 10	7	1,05	1,2
	8	1,1	1,3
Св. 10 до 15	7	1,08	1,25
	8	1,15	1,4

Таблица П.21

Проверка на кратковременную перегрузку (пиковую нагрузку)

Наименование параметров	Обозначение	Расчетные формулы и указания
1. Максимальные (пиковый) момент на валу колеса, МПа	M_{2max}	Определяется по графику нагрузки
2. Максимальное контактное напряжение, МПа	σ_{Hmax}	$\sigma_{Hmax} = \sigma_H \sqrt{M_{2max} / M_2}$ $\sigma_{Hmax} \leq [\sigma_{Hmax}]$
3. Максимальное напряжение изгиба, МПа	σ_{Fmax}	$\sigma_{Fmax} = \sigma_F M_{2max} / M_2$ $\sigma_{Fmax} \leq [\sigma_{Fmax}]$

Таблица П.22

Расчет зубьев колес на изгибную прочность

Наименование параметров	Обозначение	Расчетные формулы и указания
1. Число зубьев: Шестерни колеса	 Z_1 Z_2	Z_1 выбирается по таблице П.23 $Z_2 = u \cdot Z_1$
2. Угол наклона, град	β	выбирается по таблице П.23 для прямозубой передачи $\beta = 0$.
3. Эквивалентное число зубьев: Шестерни колеса	 $Z_{Э1}$ $Z_{Э2}$	Определяется по формулам из таблицы П.16
4. Коэффициент формы зуба: Шестерни колеса	 Y_1 Y_2	Определяется по формулам из таблицы П.16
5. Коэффициент ширины колеса относительно диаметра	ψ_d	$\psi_d = 0{,}5\ \psi_a\ (u \pm 1)$, где коэффициент ψ_a выбирается по таблице П.9

Окончание таблицы П.22

Наименование параметров	Обозначение	Расчетные формулы и указания
6. Модуль, мм	m	$m = K_m \sqrt[3]{\frac{MK_{F\beta}Y}{\psi_d [\sigma_F] Z^2}}$, где K_m=14 для прямозубой передачи K_m=11,2 для косозубой передачи Коэффициент $K_{F\beta}$ концентрации нагрузки определяется по табл.16. Расчет выполняется для колеса, у которого отношение $[\sigma_F]/Y$ меньше. Модуль округляется до ближайшего стандартного значения

Таблица П.23

Число зубьев шестерни

Коэффициент смещения		Число зубьев шестерни прямозубой передачи	Число зубьев шестерни косозубой передачи при β град.					
x_1	x_2		От 8 до 12	От12 до 17	От17 до 21	От21 до 24	От24 до 28	От28 до 30
0	0	Z_1>21	Z_1>19	Z_1>18	Z_1>17	Z_1>16	Z_1>15	Z_1>14
0.3	-0.3	14‹ Z_1‹20 при u > 3,5						
0.5	0.5	10‹ Z_1‹30 при Z_1‹ 16 ε_α > 1,2						

Таблица П.24

Допускаемое давление в шарнирах цепи [p], МПа (при z_1=17)

n_1, об/мм	Шаг цепи t, мм							
	12,7	15,875	19,05	25,4	31,75	38,1	44,45	50,8
50	46	43	39	36	34	31	29	27
100	37	34	31	29	27	25	23	22
200	29	27	25	23	22	19	18	17
300	26	24	22	20	19	17	16	15
500	22	20	18	17	16	14	13	12
750	19	17	16	15	14	13	-	-
1000	17	16	14	13	13	-	-	-
1250	16	15	13	12	-	-	-	-

Примечания:

1. Если $z_1 \neq 17$, то приведённые в табличные значения [p] следует умножить на k_z=1+0,01(z_1-17).
2. Для двухрядных цепей значение [p] уменьшают на 15%

Таблица П. 25

Цепи приводные роликовые нормальная серия однорядные ПР (по ГОСТ 13568-81), размеры, мм.

t	$B_{ВН}$	d	d_1	h	b	Q, кН	q,кг/м	$A_{оц}$, мм^2
9,525	5,72	3,28	6,35	8,5	17	9,1	0,45	28,1
12,7	7,75	4,45	8,51	11,8	21	18,2	0,75	39,6
15,875	9,65	5,08	10,16	14,8	24	22,7	1,0	54,8
19,05	12,7	5,96	11,91	18,2	33	31,8	1,9	105,8
25,4	15,88	7,95	15,88	24,2	39	60,0	2,6	179,7
31,75	19,05	9,55	19,05	30,2	46	88,5	3,8	262
38,1	25,4	11,12	22,23	36,2	58	127,0	5,5	394
44,45	25,4	12,72	25,4	42,4	62	172,4	7,5	473
50,8	31,75	14,29	28,58	48,3	72	226,8	9,7	646

Обозначения: t – шаг цепи, измеряемый под нагрузкой F=0,01Q; $B_{ВН}$ – расстояние между внутренними пластинами; d – диаметр валика; d_1 – диаметр ролика; h – ширина пластины; b – длина валика; Q – разрушающая нагрузка; q – масса 1м цепи; $A_{оц}$ – проекция опорной поверхности шарнира.

Пример обозначения цепи с шагом 25,4мм и разрушающей нагрузкой Q=5670кгс: Цепь ПР - 25,4 - 5670 ГОСТ 13568-81

Таблица П.26

Допускаемые значения частоты вращения [n_1], об/мин, малой звёздочки для приводных роликовых цепей нормальной серии ПР и 2ПР (при $z_1 \geq 15$)

Шаг цепи t, мм	[n_1], об/мин	Шаг цепи t, мм	[n_1], об/мин
12,7	1250	31,75	630
15,875	1000	38,1	500
19,05	900	44,45	400
25,4	800	50,8	300
Примечание: для передач, защищенных от пыли при спокойной работе и надёжной смазке, допускается увеличение [n_1] на 25 … 30%.			

Таблица П.27

Нормативные коэффициенты запаса прочности [s] приводных роликовых цепей нормальной серии ПР и 2ПР.

n_1	Шаг цепи t, мм							
об/мин	12,7	15,875	19,05	25,4	31,75	38,1	44,45	50,8
50	7,1	7,2	7,2	7,3	7,4	7,5	7,6	7,6
100	7,3	7,4	7,5	7,6	7,8	8,0	8,1	8,3
300	7,9	8,2	8,4	8,9	9,4	9,8	10,3	10,8
500	8,5	8,9	9,4	10,2	11,0	11,8	12,5	-
750	9,3	10,0	10,7	12,0	13,0	14,0	-	-
1000	10,0	10,8	11,7	13,3	15,0	-	-	-
1250	10,6	11,6	12,7	14,5	-	-	-	-

Таблица П.28

Клиновые ремни (по ГОСТ 1284-80)

Тип	Обозначение сечения	Размеры сечения, мм				A, мм^2	L, м		D_{min}, мм	T, Н·м
		b	Bр	h	$Y0$					
Нормального сечения	О	10	8,5	6	2,1	47	0,4…2,5		63	30
	А	13	11	8	2,8	81	0,56…4,0		90	15…60
	Б	17	14	10,5	4	138	0,8…6,3		125	53…150
	В	22	19	13,5	4,8	230	1,8…10		200	120…600
	Г	32	27	19	6,9	476	3,5…15		315	450…2400
	Д	38	32	23,5	8,3	692	4,5…18		500	1600…6000
	Е	50	42	30	11	1170	6,3…18		800	>6000
Узкие	УО	10	8,5	8	2,0	56	0,63	3,55	63	150
	УА	13	11	10	2,8	95	0,80	4,50	90	90…400
	УБ	17	14	13	3,5	158	1,25	8,0	140	300…2000
	УВ	22	19	18	4,8	278	2,0	8,0	224	>2000

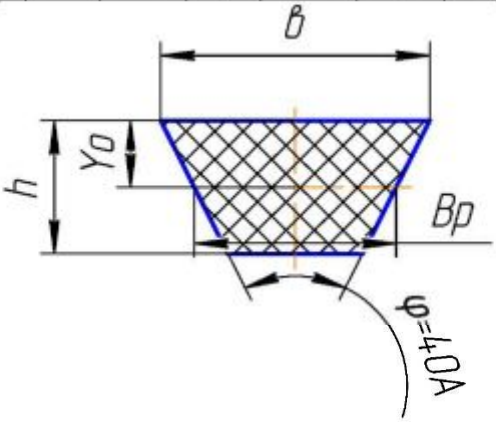


Таблица П.29

Стандартный ряд значений диаметров чугунных шкивов.

D, мм	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.

Таблица П.30

Стандартный ряд значений длины клиновых ремней.

L, мм	400;450;500;560;630;710;800;900;1000;1120;1250;1400;1600;1800;2000;224; 2500;2800;3170.

Таблица П.31

Номинальная мощность P_0, кВт, передаваемая одним клиновым ремнём (по ГОСТ 1284.3-80, с сокращениями)

Сечение ремня (длина $L_р$, мм)	D_1, мм	$u_{пер.}$	Частота вращения n_1, 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
		≥3	2.47	4.40	5.04	6.00	6.81	7.22	8.05
	280	1.2	3.09	5.49	6.26	7.42	8.30	8.69	9.20
		1.5	3.19	5.67	6.47	7.66	8.57	8.97	9.50
		≥3	3.29	5.85	6.67	7.91	8.84	9.26	9.80

Окончание таблицы П.31

Сечение ремня (длина $L_р$, мм)	d_1, мм	i	Частота вращения n_1, об/мин				
			400	800	950	1200	1450
В (3750)	224	1.2	3.20	5.47	6.18	7.18	7.97
		1.5	3.31	5.65	6.38	7.45	8.23
		≥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
		≥3	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	16.82	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	24.85	32.65	34.30		
		≥3	25.64	33.68	35.38		

	710	1.2	34.05	39.44	38.90	-	-
		1.5	35.17	40.73	40.17		
		≥3	36.28	42.02	41.44		

Таблица П.32

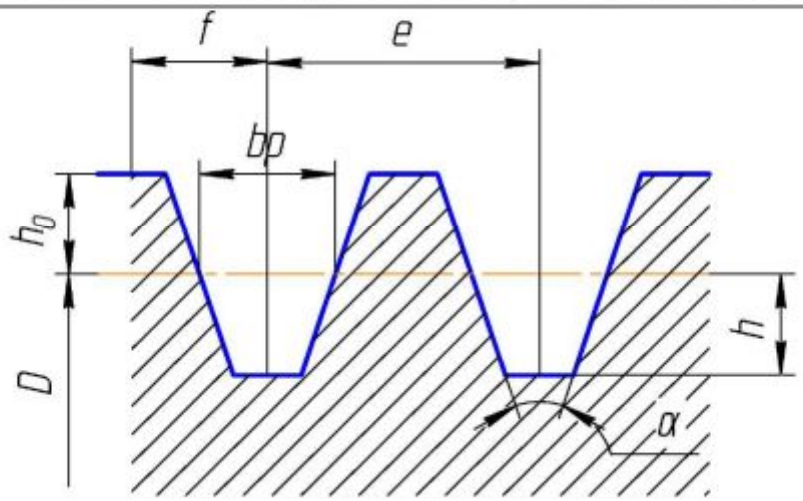
Значения коэффициента C_L для клиновых ремней по ГОСТ 1284.3-80

$L_р$, мм	Сечение ремня						
	О	А	Б	В	Г	Д	Е
400	0,79	-	-	-	-	-	-
450	0,80	-	-	-	-	-	-
500	0,81	-	-	-	-	-	-
560	0,82	0,79	-	-	-	-	-
630	0,84	0,81	-	-	-	-	-
710	0,86	0,83	-	-	-	-	-
800	0,90	0,85	-	-	-	-	-
900	0,92	0,87	0,82	-	-	-	-
1000	0,94	0,89	0,84	-	-	-	-
1120	0,95	0,91	0,86	-	-	-	-
1250	0,98	0,93	0,88	-	-	-	-
1400	1,01	0,96	0,90	-	-	-	-
1600	1,04	0,99	0,93	-	-	-	-
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	-	-
3550	-	1,15	1,09	0,99	0,88	-	-
4000	-	1,17	1,13	1,02	0,91	-	-
4500	-	-	1,15	1,04	0,93	-	-
5000	-	-	1,18	1,07	0,96	0,92	-
5600	-	-	1,21	1,09	0,98	0,95	-
6300	-	-	1,23	1,12	1,01	0,97	0,92
7100	-	-	-	1,15	1,04	1,00	0,96
8000	-	-	-	1,18	1,06	1,02	0,98
9000	-	-	-	1,21	1,09	1,05	1,01

10000	-	-	-	1,23	1,11	1,07	1,03
12500	-	-	-	-	1,17	1,13	1,08
15000	-	-	-	-	1,20	1,17	1,11
18000	-	-	-	-	-	1,20	1,16

Таблица П.33

Канавки шкивов клиноременных передач (по ГОСТ 20889-80).



Ремень		Размеры канавок				Углы профиля канавок α			
Сечение	b_p	h	h_0	f	e	34°	36°	38°	40°
						D, мм			
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

Примечание: ширина обода шкива $B=(z-1)e+2f$, где z – число ремней в передаче.

Таблица П.34

Стандартный ряд величины диаметра вала.

d, мм	10; 10.5; 11; 11.5; 12; 13; 14; 15; 16; 17; 18; 19; 20; 21; 22; 24; 25; 26; 28; 30; 32; 34 ;36; 38; 40; 42; 45; 48; 50; 52; 55; 60; 63; 65; 70; 75; 80; 85; 90; 95; 100.

Таблица П.35

Рекомендации по выбору типа подшипника.

Отношение F_a/F_r	Тип подшипника (серия)
≤0,35	Шариковые радиальные однорядные подшипники
≤0,7	36000, α=12°
≤1	46000, α=26°
>1	66000, α=36°
>1,5	Конические радиально-упорные роликовые подшипники

Таблица П.36

Установка подшипников на валу.

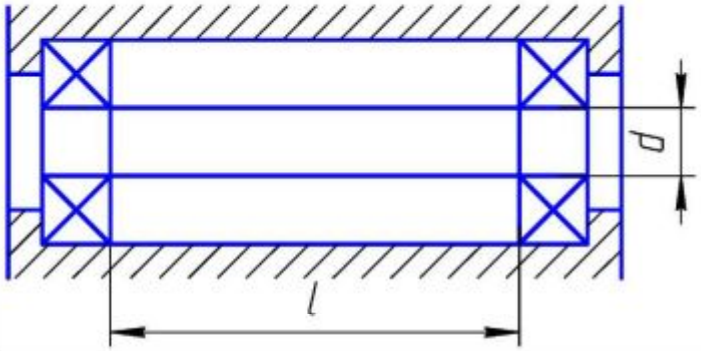
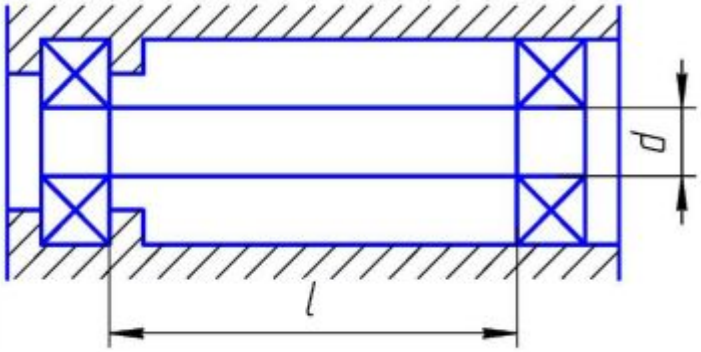
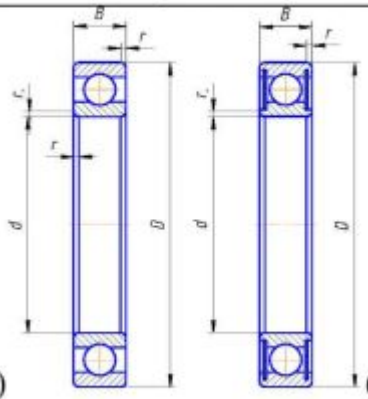
Схема установки	Условие
Враспор 	$l/d \leq 10$
С одной фиксирующей опорой 	$l/d > 10$

Таблица П. 37

Шарикоподшипники радиальные однорядные.



(по ГОСТ 8338-75)
100-200-300-400

(по ГОСТ 7242-81)
80100-80200

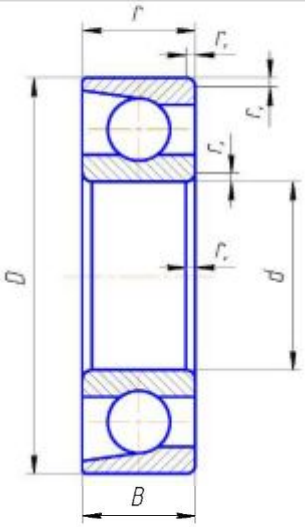
Условное обозначение		Размеры, мм				Грузоподъемность, кН	
		d	*D*	*B*	*r*	Динамическая *C*	Статическая C_o
Особолегкая серия							
100	-	10	26	8	0,5	4,62	1,96
101	-	12	28	8	0,5	5,07	2,24
104	80104	20	42	12	1	9,36	4,5
105	-	25	47	12	1	11,2	5,6
106	80106	30	55	13	1,5	13,3	6,8
107	-	35	62	14	1,5	15,9	8,5
108	80108	40	68	15	1,5	16,8	9,3
109	-	45	75	16	1,5	21,2	12,2
110	-	50	80	16	1,5	21,6	13,2
111	-	55	90	18	2	28,1	17
112	-	60	95	18	2	29,6	18,3
113	-	65	100	18	2	30,7	19,6
114	-	70	110	20	2	37,7	24,5
115	-	75	115	20	2	39,7	26,0
116	-	80	125	22	2	47,7	31,5
117	-	85	130	22	2	49,4	33,5
118	-	90	140	24	2,5	57,2	39,0
119	-	95	145	24	2,5	60,5	41,5
120	-	100	150	24	2,5	60,5	41,5

Легкая серия							
200	80200	10	30	9	1	5,9	2,65
201	80201	12	32	10	1	6,89	3,1
202	80202	15	35	11	1	7,8	3,55
203	80203	17	40	12	1	9,56	4,55
204	80204	20	47	14	1,5	12,7	6,2
205	80205	25	52	15	1,5	14,0	6,95
206	80206	30	62	16	1,5	19,5	10,0
207	-	35	72	17	2	25,5	13,7
208	80208	40	80	18	2	32,0	17,8
209	80209	45	85	19	2	33,2	18,6
209A	-	45	85	19	2	36,4	20,1
210	-	50	90	20	2	35,1	19,8
211	-	55	100	21	2,5	43,6	25,0
212	80212	60	110	22	2,5	52,0	31,0
213	80213	65	120	23	2,5	56,0	34,0
214	-	70	125	24	2,5	61,8	37,5
215	80215	75	130	25	2,5	66,3	41,0
216	-	80	140	26	3	70,2	45,0
217	-	85	150	28	3	83,2	53,0
217A	-	85	150	28	3	89,5	56,5
218	80215	90	160	30	3	95,6	62,0
219	-	95	170	32	3,5	108,0	69,5
219A	-	95	170	32	3,5	115,0	74,0
220	80220	100	180	34	3,5	124,0	79,0
Средняя серия							
300		10	35	11	1	8,06	3,75
301		12	37	12	1,5	9,75	4,65
302		15	42	13	1,5	11,4	5,4
303		17	47	14	1,5	13,5	6,65
304		20	52	15	2	15,9	7,8
305		25	62	17	2	22,5	11,4
306		30	72	19	2	28,1	14,6
307		35	80	21	2,5	33,2	18,0
308		40	90	23	2,5	41,0	22,4
309		45	100	25	2,5	52,7	30,0
310		50	110	27	3	65,8	36,0

311	55	120	29	3	71,5	41,5
312	60	130	31	3,5	81,9	48,0
313	65	140	33	3,5	92,3	56,0
314	70	150	35	3,5	104,0	63,0
315	75	160	37	3,5	112,0	72,5
316	80	170	39	3,5	124,0	80,0
316К5	80	170	39	3,5	130,0	89,0
317	85	180	41	4	133,0	90,0
318	90	190	43	4	143,0	99,0
319	95	200	45	4	153,0	110
319К5	95	200	45	4	161,0	120,0
320	100	215	47	4	174,0	132,0
Тяжелая серия						
403	17	62	17	2	22,9	11,8
405	25	80	21	2,5	36,4	20,4
406	30	90	23	2,5	47,0	26,7
407	35	100	25	2,5	55,3	31,6
408	40	110	27	3	63,7	36,5
409	45	120	29	3	76,1	45,5
410	50	130	31	3,5	87,1	52,0
411	55	140	33	3,5	100,0	63,0
412	60	150	35	3,5	108,0	70,0
413	65	160	37	3,5	119,0	78,1
414	70	180	42	4	143,0	105,0
416	80	200	48	4	163,0	125,0
417	85	210	52	5	174,0	135,0

Таблица П.38

Шарикоподшипники радиально-упорные однорядные (по ГОСТ 831-75).

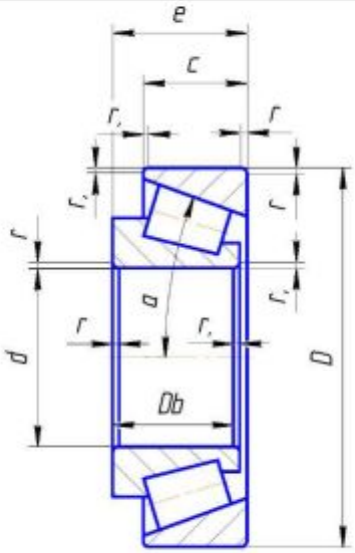


Условное обозначение	d	D	B	T	r	r_1	C	C_0
							кН	
Особолегкая серия, α=12°								
36104	20	42	12	12	1	0,5	10,6	5,32
36105	25	47	12	12	1	0,5	11,8	6,29
35106	30	55	13	13	1,5	0,5	15,3	8,57
36107	35	62	14	14	1,5	0,5	19,1	11,3
Легкая узкая серия, α=12°								
36204	20	47	14	14	1,5	0,5	15,7	8,31
36205	25	52	15	15	1,5	0,5	16,7	9,10
36206	30	62	16	16	1,5	0,5	22,0	12,0
36207	35	72	17	17	2	1	30,8	17,8
36208	40	80	18	18	2	1	38,0	23,2
36209	45	85	19	19	2	1	31,2	25,1
36210	50	90	20	20	2	1	43,2	27,0
36211	55	100	21	21	2,5	1,2	58,4	34,2
36212	60	110	22	22	2,5	1,2	61,5	39,3
36214	70	125	24	24	2,5	1,2	80,2	54,8
36216	80	140	26	26	3	1,5	93,6	65,0
36217	85	150	28	28	3	1,5	101,0	70,8
36218	90	160	30	30	3	1,5	118,0	83,0
36219	95	170	32	32	3,5	2	134,0	95,0
Средняя узкая серия, α=12°								
36302	15	42	13	13	1,5	0,5	13,6	6,80

36303	17	47	14	14	1,5	0,5	17,2	8,70
36308	40	90	23	23	2,5	1,2	53,9	32,8
36318	90	190	43	43	4	2	189,0	145,0
Средняя узкая серия, α=26°								
46303	17	47	14		1,5	0,5	16,10	8,0
46304	20	52	15		2	1	17,8	9,0
46305	25	62	17		2	1	26,9	14,6
46306	30	72	19		2	1	32,6	18,3
46307	35	80	21		2,5	1,2	42,6	24,7
46308	40	90	23		2,5	1,2	50,8	31,1
46309	45	100	25		2,5	1,2	61,4	37,0
46310	50	110	27		3	1,5	71,8	44,0
46312	60	130	31		3,5	2	100,0	65,3
46313	65	140	33		3,5	2	113,0	75,0
46314	70	150	35		3,5	2	127,0	85,3
46316	80	170	39		3,5	2	136,0	99,0
46318	90	190	43		4	2	165,0	122,0
46320	100	215	47		4	2	213,0	177,0
Легкая узкая серия, α=36°								
66207	35	72	17		2,5	1,2	17,0	14,7
66211	55	100	21		2,5	1,2	46,3	28,4
66215	75	130	25		2,5	1,2	71,5	49,0
66219	95	170	32		3,5	2	121,0	85,0
66221	105	190	36		3,5	2	148,0	108,0
Средняя узкая серия, α=36°								
66309	45	100	25		3	1,5	60,8	36,4
66312	60	130	31		3,5	2	93,7	58,8
66314	70	150	35		3,5	2	119,0	76,8
Тяжелая узкая серия, α=36°								
66406	30	90	23		2,5	1,2	43,8	27,0
66408	40	110	27		3	1,5	72,2	42,3
66409	45	120	29		3	1,5	81,6	47,3
66410	50	130	31		3,5	2	98,9	68,1
66412	60	150	35		3,5	2	125,0	79,5
66414	70	180	42		4	2	152,0	109,0
66418	90	225	54		5	2,5	208,0	162,0

Таблица П.39

Роликоподшипники конические однорядные (по ГОСТ 333-79).



Размеры, мм

Условное обозначение	d	D	T	B	c	r	r_1	C	C_0	e	Y	Y_0
								кН				
Особолегкая серия, α=11?15°												
2007106	30	55	17	16	14	1,5	0,5	27,0	19,9	0,24	2,5	1,38
2007107	35	62	18	17	15	1,5	0,5	32,0	23,0	0,27	2,21	1,22
2007108	40	68	19	18	16	1,5	0,5	40,0	28,4	0,33	1,84	1,01
2007109	45	75	20	19	16	1,5	0,5	44,0	34,9	0,30	1,99	1,10
2007111	55	90	23	22	19	2	0,8	57,0	45,2	0,33	1,8	0,99
2007113	65	100	23	22	19	2	0,8	61,0	64,5	0,38	1,59	0,88
2007114	70	110	25	24	20	2	0,8	77,6	71,0	0,28	2,11	1,16
2007115	75	115	25	24	20	2	0,8	78,3	75,0	0,28	1,99	1,1
2007116	80	125	29	27	23	2	0,8	102,0	93,0	0,34	1,77	0,97
2007118	90	140	32	30	26	2,5	0,8	128,0	111,0	0,34	1,76	0,97
2007119	95	145	32	30	26	2,5	0,8	130,0	115,0	0,36	1,69	0,93
2007120	100	150	32	30	26	2,5	0,8	132,0	120,0	0,37	1,62	0,89

Легкая серия, α=12?18°												
7202	15	35	11,75	11	9	1,0	0,3	10,5	6,1	0,45	1,33	0,73
7203	17	40	13,25	12	11	1,5	0,5	14,0	9,0	0,31	1,97	1,05
7204	20	47	15,25	14	12	1,5	0,5	21,0	13,0	0,36	1,67	0,92
7205	25	52	16,25	15	13	1,5	0,5	24,0	17,5	0,36	1,67	0,92
7206	30	62	17,25	16	14	1,5	0,5	31,5	22,0	0,36	1,64	0,9
7207	35	72	18,25	17	15	2,0	0,8	38,5	26,0	0,37	1,62	0,89
7208	40	80	19,25	19	16	2,0	0,8	46,5	32,5	0,38	1,56	0,86
7209	45	85	20,75	20	16	2,0	0,8	50,0	33,0	0,41	1,45	0,8
7210	50	90	21,75	21	17	2,0	0,8	56,0	40,0	0,37	1,6	0,88
7211	55	100	22,75	21	18	2,5	0,8	65,0	46,0	0,41	1,46	0,8
7212	60	110	23,75	23	19	2,5	0,8	78,0	58,0	0,35	1,71	0,94
7214	70	125	25,25	26	21	2,5	0,8	96,0	82,0	0,37	1,62	0,89
7215	75	130	27,25	26	22	2,5	0,8	107,0	84,0	0,39	1,55	0,85
7216	80	140	28,25	26	22	3,0	0,8	112,0	95,2	0,42	1,43	0,78
7217	85	150	30,50	28	24	3,0	1,0	130,0	109,0	0,43	1,38	0,76
7218	90	160	32,50	31	26	3,0	1,0	158,0	125,0	0,38	1,56	0,86
7219	95	170	34,50	32	27	3,5	1,0	168,0	131,0	0,41	1,48	0,81
7220	100	180	37,00	34	29	3,5	1,2	185,0	146,0	0,41	1,49	0,82
Средняя серия, α=10?14°												
7304	20	52	16,25	16	13	2,0	0,8	26,0	17,0	0,3	2,03	1,11
7305	25	62	18,25	17	15	2,0	0,8	33,0	23,2	0,36	1,67	0,92
7306	30	72	20,75	19	17	2,0	0,8	43,0	29,5	0,34	0,78	0,98
7307	35	80	22,75	21	18	2,5	0,8	54,0	38,0	0,32	1,38	1,03
7308	40	90	25,25	23	20	2,5	0,8	66,0	47,5	0,28	2,16	1,18
7309	45	100	27,25	26	22	2,5	0,8	83,0	60,0	0,28	2,16	1,19
7310	50	110	29,25	29	23	3,0	1,0	100,0	75,0	0,31	1,94	1,06
7311	55	120	31,5	29	25	3,0	1,0	107,0	81,5	0,33	1,8	0,99
7312	60	130	33,5	31	27	3,5	1,2	128,0	96,5	0,3	1,97	1,08
7313	65	140	36,0	33	28	3,5	1,2	146,0	112,0	0,3	1,97	1,08
7314	70	150	38,0	37	30	3,5	1,2	170,0	137,0	0,31	1,94	1,08
7315	75	160	40,0	37	31	3,5	1,2	180,0	148,0	0,33	1,93	1,06
7317	85	180	44,5	41	35	4,0	1,5	230,0	196,0	0,31	1,91	1,05
7318	90	190	46,5	43	36	4,0	1,5	250,0	201,5	0,32	1,88	1,03

Средняя широкая серия, α=11?16°												
7604	20	52	22,25	21,0	18,5	2	0,8	31,5	22,0	0,3	2,01	1,11
7605	25	62	25,25	24,0	21,0	2	0,8	47,5	36,6	0,27	2,19	1,21
7606	30	72	28,75	29,0	23,0	2	0,8	63,0	51,0	0,32	1,88	1,03
7607	35	80	32,75	31,0	27,0	2,5	0,8	76,0	61,5	0,3	2,03	1,11
7608	40	90	35,25	33,0	28,5	2,5	0,8	90,0	67,5	0,3	2,03	1,11
7609	45	100	38,25	36,0	31,0	2,5	0,8	114,0	90,5	0,29	2,06	1,13
7611	55	120	45,5	44,5	36,5	3,0	1,0	160,0	140,0	0,32	1,85	1,02
7612	60	130	48,5	47,5	39,0	3,5	1,2	186,0	157,0	0,3	1,97	1,08
7613	65	140	51,0	48,0	41,0	3,5	1,2	210,0	168,0	0,33	1,83	1,01
7614	70	150	54,0	51,0	43,0	3,5	1,2	240,0	186,0	0,35	1,71	0,94
7615	75	160	58,0	55,0	46,5	3,5	1,2	280,0	235,0	0,3	1,99	1,2
7616	80	170	61,5	59,5	49,0	3,5	1,2	310,0	290,0	0,32	1,89	1,04
7618	90	180	67,5	66,5	53,5	4,0	1,5	370,0	365,0	0,3	1,99	1,2
7620	100	215	77,5	73,0	61,5	4,0	1,5	460,0	460,0	0,31	1,91	1,65
Легкая широкая серия, α=12?16°												
7506	30	62	23,35	20,5	17	1,5	0,5	36,0	27,0	0,36	1,64	0,90
7507	35	72	24,25	23	20	2,0	0,8	53,0	40,0	0,35	1,73	0,95
7508	40	80	24,75	23,5	20	2,0	0,8	56,0	44,0	0,38	1,57	0,87
7509	45	85	24,75	23,5	20	2,0	0,8	60,0	46,0	0,42	1,44	0,79
7510	50	90	24,75	23,5	20	2,0	0,8	62,0	54,0	0,42	1,43	0,78
7511	55	100	26,75	25	21	2,5	0,8	80,0	61,0	036	1,67	0,92
7512	60	110	29,75	28	24	2,5	0,8	94,0	75,0	0,39	1,53	0,84
7513	65	120	32,75	31	27	2,5	0,8	110,0	98,0	0,37	1,62	0,89
7514	70	125	33,25	31	27	2,5	0,8	125,0	101,0	0,39	1,55	0,85
7515	75	130	33,25	31	27	2,5	0,8	130,0	108,0	0,41	1,48	0,81
7516	80	140	35,25	33	28	3,0	1,0	143,0	126,0	0,40	1,49	0,82
7517	85	150	38,50	36	30	3,0	1,0	162,0	141,0	0,39	1,58	0,85
7518	90	160	42,5	40	34	3,0	1,0	190,0	171,0	0,39	1,55	0,85
7519	95	170	45,5	45,5	37	3,5	1,2	230,0	225,0	0,38	1,56	0,85
7520	100	180	49,0	46,0	39	3,5	1,2	250,0	236,0	0,41	1,49	0,82
Легкая широкая серия, α=12?16°												
7506A	30	62	21,25	20	17	1,5	0,5	47,3	37,0	0,37	1,6	0,9
7509A	45	85	24,75	23	19	2,0	0,8	74,8	60,0	0,4	1,5	0,8
7510A	50	90	27,75	23	19	2,0	0,8	76,5	64,0	0,43	1,4	0,8
7511A	55	100	26,75	25	21	2,5	0,8	99,0	80,0	0,4	1,5	0,8
7512A	60	110	29,75	28	24	2,5	0,8	120,0	100,0	0,4	1,5	0,8

7513А	65	120	32,75	31	27	2,5	0,8	142,0	120,0	0,4	1,5	0,8
7515А	75	130	33,25	31	27	2,5	0,8	157,0	130,0	0,43	1,4	0,8
7516А	80	140	35,25	33	28	3,0	1,0	176,0	155,0	0,43	1,4	0,8
7517А	85	150	38,5	36	30	3,0	1,0	201,0	180,0	0,43	1,4	0,8
7520А	100	180	49,00	46	39	3,5	1,2	297,0	280,0	0,35	1,7	0,9

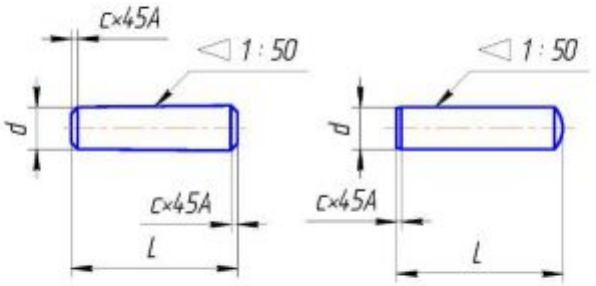
ТаблицаП.40

Определение коэффициента *X* и *Y* для однорядных подшипников

Тип	$e=f(\alpha)$	$F_a/VF_r \le e$		$F_a/VF_r \ge e$	
		x	y	x	y
шариковый радиальный подшипник	$e=0{,}518(F_a/C_o)^{0{,}24} \ge 0.19$	1	0	0.56	$(1-X)/e$
шариковый радиально – упорный подшипник	$e=0{,}631(F_a/C_o)^{0{,}175} \ge 0.3$			0,45	
с α=12	$e=0{,}518(F_a/C_o)^{0{,}215} \ge 0.19$				
α=26	0,68			0,41	
α=36	0,95			0,37	
роликовый конический подшипник	1,5tg α			0.4	

Таблица П.41

Штифты конические (по ГОСТ 3129 – 70)



Тип 1 Тип 2

Размеры, мм

d	*c*	Интервалы длин	*d*	*c*	Интервалы длин	*d*	*c*	Интервалы длин
4	0,6	16 … 70	10	1,6	30 … 180	25	3,0	60 … 280
5	0,8	16 … 90	12	1,6	36 … 220	32	4,0	80 … 280
6	1,0	20 … 110	16	2,0	40 … 280	40	5,0	100 … 280
8	1,2	25 … 140	20	2,5	50 … 280	50	6,3	120 … 280

Примечания: 1. Ряд длин *L* 16,20,25,30,36,40,45,50,55,60,65,70,80,90,100,110, 120,140,160,180,200,220,250,280 мм;

2. Материал (рекомендуемый) – сталь 45, 15, А12

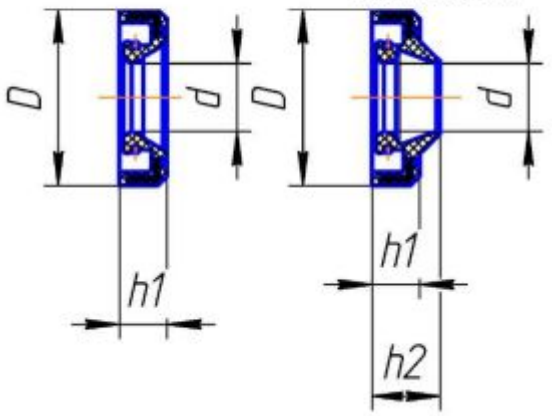
3. Обозначения: шрифт 10*h*8? 40 ГОСТ 3129 – 70

Таблица П.42

Манжеты резиновые армированные (по ГОСТ 8752 – 79)

Размеры, мм

Тип 1 Тип 2 с пыльником

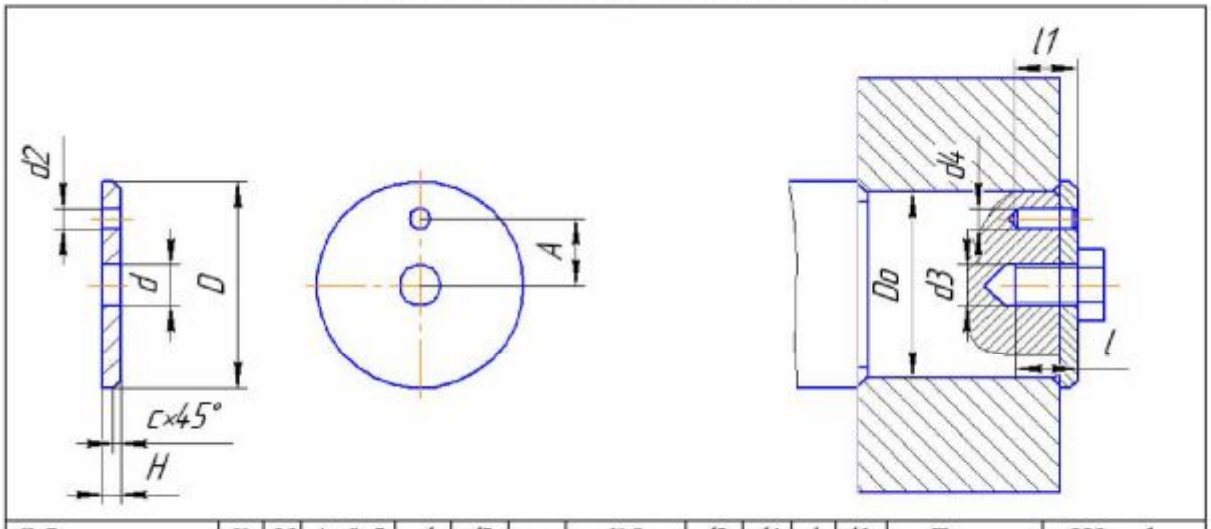


d	*D*	*h*1	*h*2
10;11	26		
12;13;14	28		
15;16	30	7	-
17	32		
18;19	35		
20;21;22	40		
24	41		
25	42		
26	45		
30;32	52		
35;36;38	58	10	14

	40 42 45 48;50 52	60 62 65 70 75		
Пример обозначения: манжета 1 – 45?65 – 1 ГОСТ 8752 – 79	55;56;58 60 63;65 70;71 75 80 85 90;95 100 105 110 115 120 125	80 85 90 95 100 105 110 120 125 130 135 145 150 155	12	16

Таблица П.43

Концевые шайбы (ГОСТ 14734 – 69)

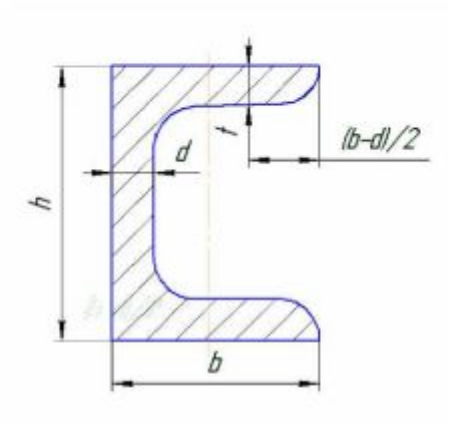


Обозначение	*D*	*H*	*A*±0.2	*d*	*d*2	*c*	*D*0	*d*3	*d*4	*l*	*l*1	Болт (ГОСТ 7798 – 70)	Штифт (ГОСТ 3128 – 70)
7019 – 0623	32		9				24…28						
7019 – 0625	36		10				28…32						
7019 – 0627	40		10				32…36						
7019 – 0629	45	5	12	6,6	4,5	1,0	36…40	M6	4	18	12	M6? 16	4 u 8 ? 12
7019 – 0631	50		16				40…45						
7019 – 0633	56		16				45…50						
7019 – 0635	63		20				50…55						
7019 – 0637	67		20				55…60						
7019 – 0639	71	6	25	9,0	5,5	1,6	60…65	M8	5	22	16	M8? 20	5 u 8 ? 16
7019 – 0641	75		25				65…70						
7019 – 0643	85		28				70…75						

Примечание. Пример условного обозначения шайбы исполнения 1, *D*=40 мм; Шайба 7019 – 0627 ГОСТ 14734 - 69

Таблица П.44

Швеллеры (ГОСТ 8240 – 72)



№ проф.	h, мм	b, мм	d ,мм	t, мм	Площадь F, см^2
5	50	32	4,4	7,0	6,16
6,5	65	36	4,4	7,2	7,51
8	80	40	4,5	7,4	8,93
10	100	46	4,5	7,6	10,90
12	120	52	4,8	7,8	13,30
14	140	58	4,9	8,0	15,60
16	160	64	5,0	8,4	18,10
18	180	70	5,1	8,7	20,70
20	200	75	5,2	9,0	23,40
22	220	82	5,4	9,5	26,70
24	240	90	5,6	10,0	30,60
27	270	95	6,0	10,5	35,20
30	300	100	6,5	11,0	40,50
33	330	105	7,0	11,7	46,50
36	360	110	7,5	12,6	53,40
40	400	115	8,0	13,5	61,50

Таблица П.45

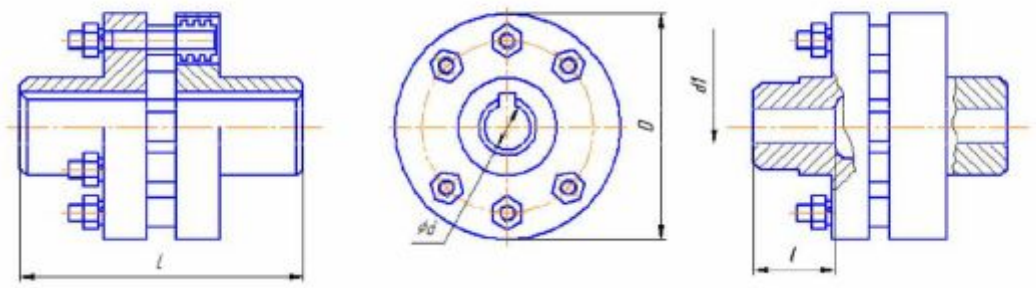
Рекомендуемые значения вязкости масел

для смазывания зубчатых передач при 50?С			
Контактные напряжения σ_H, МПа	Кинематическая вязкость, 10^{-6} · м?/с, при окружной скорости V, м/с		
	до 2	св. 2 до 5	св. 5
До 600	34	28	22
Св. 600 до 1000	60	50	40
» 1000 » 1200	70	60	50
Для смазывания червячных передач при 100?С			
Контактные напряжения σ_H МПа	Кинематическая вязкость, 10^{-6} ? м?/с, при скорости скольжения v, м/с		
	до 2	св. 2 до 5	св. 5
До 200	25	20	15
Св. 200 до 250	32	25	18
» 250 » 300	40	30	23

Масла, применяемые для смазывания зубчатых и червячных передач			
Сорт масла	Марка	Кинематическая вязкость, 10^{-6} ? м?/с	
Индустриальное	И – 12А	10 … 14	
	И – 20А	17 … 23	
	И – 25А	24 … 27	
	И – 30А	28 … 33	
	И – 40А	35 … 45	при 50?С
	И – 50А	47 … 55	
	И – 70А	65 … 75	
	И – 100А	90 … 118	
Авиационное	МС – 14	14	
	МК – 22	22	при 100?С
	МС – 20	20,5	
цилиндровое	52	44 … 59	при 100?С

Таблица П.46

Муфты упругие втулочно – пальцевые (по ГОСТ21424–75, с сокращениями)



[*T*], Н?м	*d*	*D*	*L*, не более				*l*, не более				n_{max}, об/мин	смещение	
			Тип									Радиальное	угловое
			I		II		I		II				
			Исполнение										
			1	2	1	2	1	2	1	2			
16	12;14	75	63	53	63	-	30	25	20	-	7600	0,2	1?30'
	16		83	59	83	59	40	28	30	18			
31,5	16;18	90	84	60	84	60	40	28	30	18	6350		
63	20;22	100	104	76	104	76	50	36	38	24	5700		
125	25;28	120	125	89	125	89	60	42	44	26	4600		
	(30)		165	121	165	121	80	58	60	38			

Окончание таблицы П.46

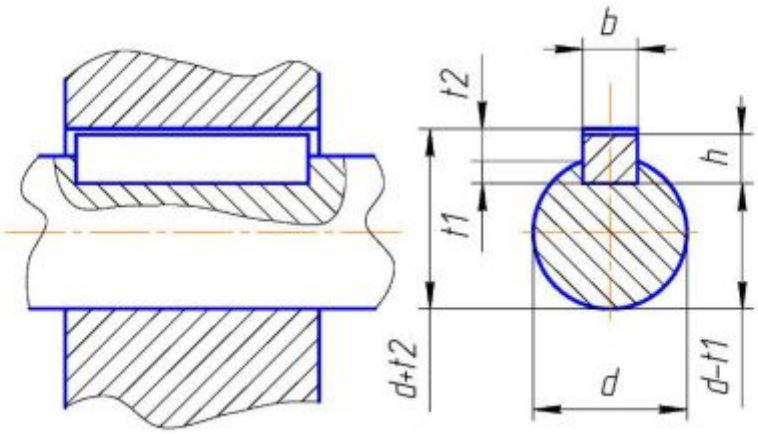
[*T*], Н?м	*d*	*D*	*L*, не более				*l*, не более				n_{max}, об/мин	смещение	
			Тип									Ради-альное	угловое
			I		II		I		II				
			Исполнение										
			1	2	1	2	1	2	1	2			
250	32;(35);36;(38)	140	165	121	165	121	80	58	60	38			
250	40;(42);45	140	225	169	225	169	110	82	85	56	3800	0,3	
500	40;(42);45	170	225	169	225	169	110	82	85	56	3600		
710	45;(48);50 (55);56	190	226	170	226	170	110	82	85	56	3000		
1000	50;(55);56	220	226	170	226	170	110	82	85	56			
	(60);63;(65);70	220	286	216	286	216	140	105	107	72	2850	0,4	1?
2000	63;(65);70;(71)	250	288	218	288	218	140	105	107	72			
	80;(85);90	250	348	268	348	268	170	130	135	95	2300		
4000	80;(85);90;(95)	320	350	270	350	270	170	130	135	95	1800	0,5	
8000	100;110;(120); 125	400	432	352	432	342	210	170	170	125	1450	0,5	

Примечания:

1. Материал полумуфт – чугун не ниже марки СЧ 20; пальцев – сталь не ниже марки 45
2. Типы муфт: I – с цилиндрическими отверстиями; II – с коническими отверстиями; исполнение 1 – на длинные концы валов, 2 – на короткие концы.
3. В скобках приведены не рекомендуемые значения.
4. Пример условного обозначения: МУВП 250 – 32 – 1,1 – 40 – 11,2 ГОСТ 21424 – 75.

Таблица П.47

Шпонки призматические (по ГОСТ 23360 – 78, сокращениями).



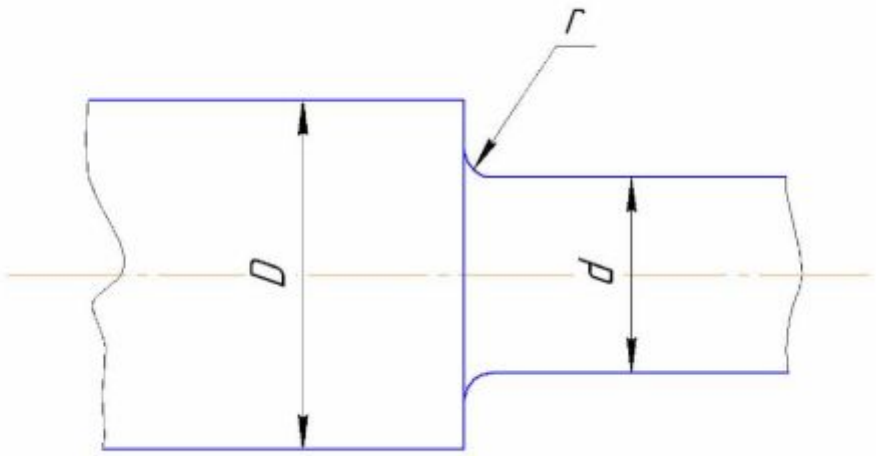
Диаметр вала *d*	Сечение шпонки *b*?*h*	Глубина паза		Фаска *s*?45?
		вала *l*1	втулки *l*2	
Св. 10 до 12	4?4	2,5	1,8	0,08 – 0,16
» 12 » 17	5?5	3.0	2.3	0.16 – 0.25
» 17 » 22	6?6	3.5	2.8	
» 22 » 30	8?7	4.0	3.3	
» 30 » 38	10?8	5.0	3.3	0.25 – 0.40
» 38 » 44	12?8	5.0	3.3	
» 44 » 50	14?9	5.5	3.8	
» 50 » 58	16?10	6.0	4.3	
» 58 » 65	18?11	7.0	4.4	
» 65 » 75	20?12	7.5	4.9	0.4 – 0.60
» 75 » 85	22?14	9.0	5.4	
» 85 » 95	25?14	9.0	5.4	
» 95 » 110	28?16	10.0	6.4	

Примечания:

1. Длину шпонки выбирают из ряда: 6;8;10;12;14;16;18;20;25; 28;32;36;40;45;50;56;63;70;80;90;100;110;125;140;160;180;200… (до 500).
2. Материал шпонок – сталь чистотянутая с временным сопротивлением разрыву не менее 590 МПа.
3. Примеры условного обозначения шпонок: Исполнение 1, сечение b?h=20?12, длинна 90 мм: Шпонка 20?12?90 ГОСТ 23360 – 78.
То же, исполнение 2: Шпонка 2 – 20?12?90 ГОСТ 23360 – 78

Таблица П.48

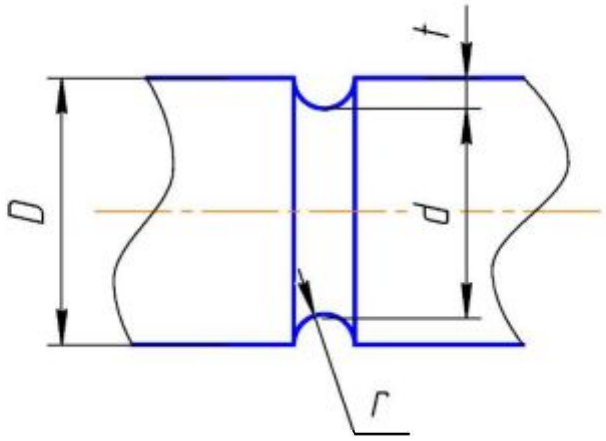
Значение коэффициентов k_σ и k_τ для валов с галтелями



D/d	r/d	Валы из стали, имеющие $\sigma_в$, МПа							
		600	700	800	900	600	700	800	900
		k_σ				k_τ			
До 1,1	0.02	1,96	2,08	2,20	2,35	1,30	1,35	1,41	1,45
	0.04	1,66	1,69	1,75	1,81	1,20	1,24	1,27	1,29
	0.06	1,51	1,52	1,54	1,57	1,16	1,18	1,20	1,23
	0.08	1,40	1,41	1,42	1,44	1,12	1,14	1,16	1,18
	0.10	1,34	1,36	1,37	1,38	1,09	1,11	1,13	1,15
	0.15	1,25	1,26	1,27	1,29	1,06	1,07	1,08	1,09
	0.20	1,19	1,21	1,22	1,23	1,04	1,05	1,06	1,07
Св. 1,1 до 1,2	0.02	2,34	2,51	2,68	2,89	1,50	1,59	1,67	1,74
	0.04	1,92	1,97	2,05	2,13	1,33	1,39	1,45	1,48
	0.06	1,71	1,74	1,76	1,80	1,26	1,30	1,33	1,37
	0.08	1,56	1,58	1,59	1,62	1,18	1,22	1,26	1,30
	0.10	1,48	1,50	1,51	1,53	1,16	1,19	1,21	1,24
	0.15	1,35	1,37	1,38	1,40	1,10	1,11	1,14	1,16
	0.20	1,27	1,29	1,30	1,32	1,06	1,08	1,10	1,13
Св. 1,2 до 2	0.02	2,40	2,60	2,80	3,00	1,70	1,80	1,90	2,00
	0.04	2,60	2,10	2,15	2,25	1,46	1,53	1,60	1,65
	0.06	1,85	1,88	1,90	1,96	1,35	1,40	1,45	1,50
	0.08	1,66	1,68	1,70	1,73	1,25	1,30	1,35	1,40
	0.10	1,57	1,59	1,61	1,63	1,21	1,25	1,28	1,32
	0.15	1,41	1,43	1,45	1,47	1,12	1,15	1,18	1,20
	0.20	1,32	1,34	1,36	1,38	1,07	1,10	1,14	1,16

Таблица П.49

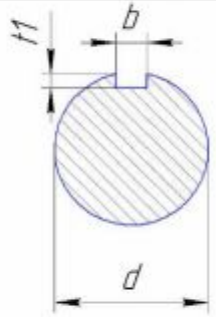
Значение коэффициентов k_σ и k_τ для валов с выточками



t/r	r/d	k_σ для валов из стали, имеющие $\sigma_в$, МПа				D/d	r/d	k_τ для валов из стали, имеющие $\sigma_в$, МПа			
		≤600	700	800	900			≤600	700	800	900
До 1,0	0,02	1,85	1,95	2,10	2,25	До 1,1	0,02	1,29	1,32	1,39	1,46
	0,04	1,80	1,85	2,00	2,10		0,04	1,27	1,30	1,37	1,43
	0,06	1,75	1,80	1,90	1,95		0,06	1,25	1,29	1,36	1,41
	0,08	1,70	1,75	1,80	1,90		0,08	1,21	1,25	1,32	1,39
	0,10	1,65	1,70	1,75	1,80		0,10	1,18	1,21	1,29	1,32
	0,15	1,55	1,57	1,60	1,65		0,15	1,14	1,18	1,21	1,25
Св. 1,0 до 1,5	0,02	1,89	1,99	2,15	2,31	Св. 1,1 до 1,2	0,02	1,37	1,41	1,50	1,59
	0,04	1,84	1,89	2,05	2,15		0,04	1,35	1,37	1,47	1,62
	0,06	1,78	1,84	1,94	1,99		0,06	1,32	1,36	1,46	1,52
	0,08	1,73	1,78	1,84	1,94		0,08	1,27	1,32	1,41	1,50
	0,10	1,68	1,73	1,78	1,84		0,10	1,23	1,27	1,37	1,41
	0,15	1,58	1,60	1,63	1,68		0,15	1,18	1,23	1,27	1,37
Св. 1,5 до 2,0	0,02	1,93	2,04	2,20	2,37	Св. 1,2 до 1,4	0,02	1,40	1,45	1,55	1,65
	0,04	1,87	1,93	2,09	2,20		0,04	1,38	1,42	1,52	1,60
	0,06	1,82	1,87	1,98	2,04		0,06	1,35	1,40	1,50	1,57
	0,08	1,76	1,82	1,87	1,98		0,08	1,30	1,35	1,45	1,55
	0,10	1,71	1,76	1,82	1,87		0,10	1,25	1,30	1,40	1,45
	0,15	1,60	1,62	1,66	1,71		0,15	1,20	1,25	1,30	1,35

Таблица П.50

Значение k_σ и k_τ для валов с одной шпоночной канавкой



Коэффи – циенты	$\sigma_в$, МПа				Примечание:
	600	700	800	900	$W_{нетто} = \frac{\pi d^3}{32} - \frac{b t_1 (d - t_1)^2}{2d}$;
k_σ	1,6	1,75	1,80	1,90	
k_τ	1,5	1,6	1,7	1,9	$W_{кнетто} = \frac{\pi d^3}{16} - \frac{b t_1 (d - t_1)^2}{2d}$

Таблица П.51

Значение k_σ и k_τ для шлицевых участков вала

Шлицы		$\sigma_в$, МПа			
		600	700	800	900
Прямобочные	k_σ	1,55	1,60	1,65	1,70
	k_τ	2,35	2,45	2,55	2,65
Эвольвентные	k_σ	1,55	1,60	1,65	1,70
	k_τ	1,46	1,49	1,52	1,55

Таблица П.52

Значение $k_\sigma/\varepsilon_\sigma$ для валов с напрессованными деталями при давлении напрессовки свыше 20 МПа

d,мм	$\sigma_в$, МПа				примечание
	600	700	800	900	
14	2,0	2,3	2,6	3,0	1. Для касательных напряжений
22	2,35	2,6	3,0	3,4	$k_\tau/\varepsilon_\tau = 0{,}6\ k_\sigma/\varepsilon_\sigma + 0{,}4$
30	2,6	2,8	3,3	3,8	2.При давлении напрессовки 10 – 20Мпа
40	2,7	3,2	3,65	4,0	снижать $k_\tau/\varepsilon_\sigma$ на 5 – 15%
50	3,3	3,6	4,0	4,5	

Таблица П.53

Значение ε_σ и ε_τ

		Диаметр вала *d*,мм						
		20	30	40	50	70	100	200
Углеродистая	ε_σ	0,92	0,88	0,85	0,82	0,76	0,70	0,61
	ε_τ	0,83	0,77	0,73	0,70	0,65	0,59	0,52
Легированная	ε_σ, ε_τ	0,83	0,77	0,73	0,70	0,65	0,59	0,52

Таблица П.54

Посадки основных деталей передач

Соединения	Рекомендуемые посадки
Зубчатые и червячные колеса на валы; венцы червячных колес на центр	*H*7/*p*6; *H*7/*r*6
Зубчатые и червячные колеса на валы при тяжелых ударных нагрузках, в реверсивных передачах	*H*7/ *r*6; *H*7/*s*6
Стаканы под подшипники качения в корпус; распорные втулки	*H*7/*js*6; *H*7/*k*6; *H*7/*h*7
Зубчатые колеса при частом демантаже; муфты; межудерживающие кольца	*H*7/*n*6; *H*7/*m*6; *H*7/*k*6
Муфты на валы при реверсивной работе с большими толчками и ударами	*H*7/*p*6; *H*7/*r*6
Шкивы и звездочки на валы	*H*7/*Js*6; *H*7/*h*6; *H*7/*k*6
Крышки подшипников в корпус	*H*7/*h*7
Шкивы и звездочки при реверсивной работе с большими толчками и ударами	Отклонение вала *k*6
На кольца подшипников качения в корпусе	Отклонение отверстия *H*7
Призматические шпонки: в пазу вала в пазу шестерни (втулки) при неподвижном соединении для нереверсивных передач для реверсивных передач при подвижном соединении	 *P*9/*h*9 *Js*9/*h*9 *P*9/*h*9 *D*10/*h*9

Таблица П.55

Допуск формы цилиндрических поверхностей *d*,мкм

Интервал размеров, мм	Квалитеты			
	6	7	8	9
Св. 10 до 18	3	5	8	12
» 18 » 30	4	6	10	16
» 30 » 50	5	8	12	20
» 50 » 80	6	10	16	25
» 80 » 120	6	10	16	25
» 120 » 180	8	12	20	30
» 180 » 250	8	12	20	30
Примечание. Числовые значения допуска должны быть округлены в ближайшую сторону до стандартных по ГОСТ 24643 – 81 из ряда, мкм: 1; 1,2; 1,6; 2; 2,5; 3;4; 5; 6; 8; 10; 12; 16; 20; 25; 30; 40; 50; 60.				

Таблица П.56

Допуски параллельности и перпендикулярности, мкм

Интервал размеров, мм	Степень точности			
	6	7	8	9
Св. 16 до 25	6	10	16	25
» 25 » 40	8	12	20	30
» 40 » 63	10	16	25	40
» 63 » 100	12	20	30	50
» 100 » 160	16	25	40	60
» 160 » 250	20	30	50	80
» 250 » 400	25	40	60	100

Таблица П.57

Допуски соосности, мкм

Интервал размеров, мм	Подшипники конические роликовые	Зубчатые колеса	Червячные колеса	Подшипники шариковые радиальные и радиально – упорные
		7–ой и 8–ой степеней точности		
Св. 18 до 30	10	16	25	25
» 30 » 50	12	20	30	30
» 50 » 120	16	25	40	40
» 120 » 250	20	30	50	50
» 250 » 400	25	40	60	60

Таблица П.58

Допуск симметричности, мкм

Интервал размеров, мм	Степень точности			
	6	7	8	9
Св. 16 до 25	40	63	100	160
» 25 » 40	52	80	130	200
» 40 » 63	63	100	160	260
» 63 » 100	80	130	200	330
» 100 » 160	100	160	260	400
» 160 » 250	130	200	330	530
» 250 » 400	160	260	400	660

Таблица П.59

Шероховатость R_a для посадочных поверхностей отверстий и валов

Интервалы размеров, мм	Отверстие			Вал		
	Квалитеты					
	7	8	9	6,7	8	9
	R_a, мкм					
Свыше 18 до 50	0,8	1,6	3,2	0,8	0,8	1,6
» 50 » 120	1,6		3,2	1,6	3,2	
» 120 » 500	1,6	3,2		1,6	3,2	

Таблица П.60

Шероховатость R_a для поверхностей некоторых деталей

Вид поверхности	R_a, мкм
Торцы заплечиков валов для базирования: а) подшипников качения класса точности 0 б) зубчатых, червячных колес при отношении длины отверстия к диаметру $l/d \leq 0,8$ в) то же, при отношении $l/d > 0,8$	 1,6 1,6 3,2
Поверхности валов под резиновые манжеты	0,4
Канавки, фаски, радиусы галтелей на валах	6,3
Поверхности шпоночных пазов на валах рабочая нерабочая	 2,8 6,3
Торцы ступиц зубчатых, червячных колес, базирующихся по торцу заплечиков валов, при отношении длины отверстия к диаметру $l/d \leq 0,8$ То же, при отношении $l/d > 0,8$	 1,6 3,2
Торцы ступиц зубчатых, червячных колес, по которым базируют подшипники качения, классов точности 0	1,6
Свободные (нерабочие) торцевые поверхности зубчатых, червячных колес	6,3
Профили зубьев зубчатых, червячных колес степеней точности: 6 7 8 9	 0,4 0,8 1,6 3,2
Витки червяков степеней точности: 6 7 8 9	 0,2 0,4 0,8 1,6
Поверхности выступов зубьев колес, витков червяков, звездочек цепных передач	6,3
Фаски и выточки на колесах Поверхности шпоночных пазов в отверстия валов: рабочая нерабочая	6,3 1,6 3,2

Рабочая поверхность шкивов ременных передач	3,2
Рабочая поверхность зубьев звездочек цепных передач	3,2

Таблица П.61

Расчет на контактную прочность

Наименование параметров	Обо-значение	Расчетные формулы и указания
1. Внешний дели-тельный диаметр колеса, мм	de_2	$de_2 = 165 \cdot \sqrt[3]{\frac{M_2 \cdot K_{H\beta} \cdot u}{[\sigma_H]^2 \cdot \nu_H}}$; где ν_H определяется по табл. П.62 Коэффициент $K_{H\beta} = 1.2...1.5$ Внешний делительный диаметр колеса округляют до стандартного значения, мм: 50; 56; 63; 80; 100; 125; 140; 160; 180; 200; 225; 250; 280; 315; 355
2. Число зубьев шестерни	Z_1	$Z_1 = 1.6 Z_1^1$ при HB_1 и $HB_2 \le 350$; $Z_1 = 1.3 Z_1^1$ при $HRC_1 \ge 45$ и $HB_2 \le 350$; $Z_1 = Z_1^1$ при HRC_1 и $HRC_2 \le 45$. Значение Z_1^1 определяется по графикам рис.П.63, где внешний диаметр шестерни $de_1 = de_2 / u$. Полученные значения Z_1 округляют до ближай-шего целого числа
3. Число зубьев колеса	Z_2	$Z_2 = Z_1 * u$ Полученные значения округляют до ближай-шего целого числа.
4. Средний норма-льный модуль, мм: колеса с круговыми зубьями	m_n	$m_n = \frac{de_2(1 - 0.5\psi_{Re})\cos\beta n}{Z_2}$; где коэффициент ширины зубчатого венца ψ_{Re}=0.285; средний угол наклона зуба βn=35° предпочтителен к применению. Модуль округляют до стандартного значения; мм: 1-й ряд – 1.5; 2; 2.5; 3; 4; 5; 6; 8; 10; 12; 2-й ряд – 1.75; 2.25; 2.75; 3.5; 4.5; 5.5; 7; 9.

Окончание таблицы П.61

Наименование параметров	Обозначе-ние	Расчетные формулы и указания
5. Средний окружной модуль, мм: прямозубого колеса колеса с круговыми зубьями	m m_t	$m=\frac{d_{e2}(1-0.5\psi_{Re})}{Z_2}$ $m_t=m_0/\cos\beta n$ Значение модуля получают с точностью до 2-х знаков после запятой
6. Внешний окружной модуль, мм	$m_e(m_{te})$	$m_e(m_{te})=\frac{m\cdot(m_n)}{(1-0.5\psi_{Re})\cos\beta_n}$ Для силовых передач $m_e(m_{te})\geq 1{,}5$ мм. Модуль m_e округляют до стандартного значения
7. Фактическое передаточное число	$u_ф$	$u_ф=Z_2/\ Z_1$ Отклонение от заданного $\Delta u=\frac{\lvert u_ф-u\rvert}{u}\cdot 100\,\%\leq 4\%$

Таблица П.62

Коэффициенты, учитывающие особенности прочности конических колес с круговыми зубьями

Твердость рабочих поверхностей зубьев	HB_1 и $HB_2\leq 350$	$HRC_1\geq 45$ и $HB_2\leq 350$	HRC_1 и $HRC_2\geq 45$
ν_H	1,22+0,2u	1,13+0,13u	0,81+0,15u
ν_F	0,94+0,08u	0,85+0,043u	0,45+0,11u
Примечание. Для прямозубой передачи $\nu_H=\nu_F$=0,85			

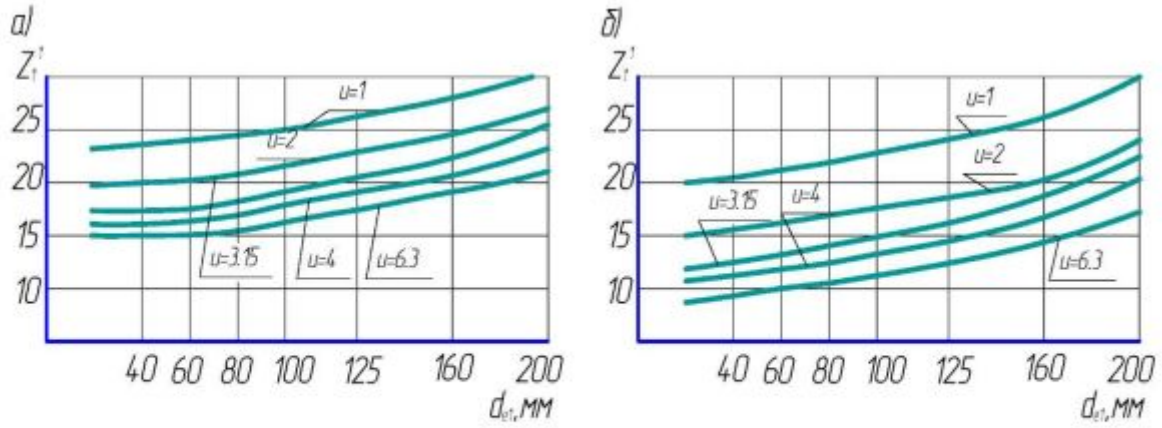


Рис. П.63 Графики для определения Z_1:

а – для прямозубых передач;

б – для передач с круговыми зубьями

Таблица П.64

Расчет основных геометрических параметров (осевая форма зуба 1)

Наименование параметров	Обозначение	Расчетные формулы и указания	
		Прямозубая передача	Передача с круговыми зубьями
1.Угол делительного конуса, град.: колеса шестерни	δ_2 δ_1	$\delta_2 = \frac{180^\circ}{\pi} \cdot arctg(u_\Phi)$ Вычисляется с точностью до 10° $\delta_1 = 90^\circ - \delta_2$	
2.Внешнее конусное расстояние, мм	Re	$\mathrm{Re} = \frac{d_{e2}}{2\sin\delta_2}$	
3.Ширина зубчатого венца, мм	B	B=0,25Re	
4.Внешний делительный диаметр, мм: шестерни колеса	de_1 de_2	$de_1 = m_e Z_1$ $de_2 = m_e Z_2$	$de_1 = m_{1e} Z_1$ $de_2 = m_{1e} Z_2$
5.Средний делительный диаметр, мм: шестерни колеса	d_1 d_2	$d_1 = m Z_1$ $d_2 = m Z_2$	$d_1 = m_1 Z_1$ $d_2 = m_1 Z_2$

Наименование параметров	Обозначение	Расчетные формулы и указания	
		Прямозубая пердача	Передача с круговыми зубьями
6. Внешняя высота зуба, мм: шестерни	h_{ae1}	$h_{ae1}=(1+X_1)m_e$	$h_{ae1}=\left[1+X_{n1}+\frac{B(1.25+X_{n1})}{2R_e-B}\right]m_n$
колеса	h_{ae2}	$h_{ae2}=(1-X_2)m_e$	$h_{ae2}=\left[1+X_{n1}+\frac{B(1.25+X_{n1})}{2R_e-B}\right]m_n$
7. Коэффициент смещения инструмента для шестерни	$x_1(x_{n1})$	Выбирается по таблице П.65	
8. Внешняя высота ножки зуба, мм: шестерни	h_{fe1}	$h_{fe1}=(1,2-X_1)m_e$	$h_{fe1}=\left(1+\frac{B}{2R_e-B}\right)(1,25-X_{n1})m_n$
колеса	h_{fe2}	$h_{fe2}=(1,2+X_1)\,m_e$	$h_{fe2}=\left(1+\frac{B}{2R_e-B}\right)(1,25+X_{n1})m_n$
9. Внешняя высота зуба, мм	h_e	$h_e=2,2\,m_e$	$h_e=h_{ae}+h_{fe}$
10. Угол ножки зуба град: шестерни	θ_{f1}	$\theta_{f1}=\frac{180^\circ}{\pi}arctg\frac{h_{fe1}}{R_e}$	
колеса	θ_{f2}	$\theta_{f2}=\frac{180^\circ}{\pi}arctg\frac{h_{fe2}}{R_e}$	
11. Угол головки зуба, град: шестерни	θ_{a1}	$\theta_{a1}=\theta_{r2}$	
колеса	θ_{a2}	$\theta_{a2}=\theta_{r1}$	
12.Внешний диаметр вершин зубьев, мм: шестерни	d_{ae1}		

колеса	d_{ae2}	$d_{ae1}=d_{e1}+2h_{ae1}\cos\delta_1$ $d_{ae2}=d_{e2}+2h_{ae2}\cos\delta_2$

Примечания.

1. Вычисление по формулам должны производиться с точностью не ниже 0,01 мм.
2. Значение ширины колес округлостью до целого числа по ряду *Ra*40:
8; 8,5; 9; 9,5; 10; 10,5; 11; 12; 13; 14; 15; 16; 17; 18; 19; 20; 21; 22; 24; 25; 26; 28; 30; 32; 34; 36; 38; 40; 42; 45; 48; 50; 53; 56; 60; 63; 67; 71; 75; …

Таблица П.65

Коэффициенты смещения x_{n1} и x_1 для шестерни

Z_1 \ u	x_{n1}								x_1							
	1.0	1.25	1.6	2.0	2.5	3.15	4.0	5.0	1.0	1.25	1.6	2.0	2.5	3.15	4.0	5.0
12	…	…	…	0.32	0.37	0.39	0.41	0.42	…	…	…	…	0.50	0.53	0.56	0.57
13	…	…	…	0.30	0.35	0.37	0.39	0.40	…	…	…	0.44	0.48	0.52	0.54	0.55
14	…	…	0.23	0.29	0.33	0.35	0.37	0.38	…	…	0.34	0.42	0.47	0.50	0.52	0.53
15	…	0.12	0.22	0.27	0.31	0.33	0.35	0.36	…	0.18	0.31	0.40	0.45	0.48	0.50	0.51
16	…	0.11	0.21	0.26	0.30	0.32	0.34	0.35	…	0.17	0.30	0.38	0.43	0.46	0.48	0.49
18	0.00	0.10	0.19	0.24	0.27	0.30	0.32	0.32	0.00	0.15	0.28	0.36	0.40	0.43	0.45	0.46
20	0.00	0.09	0.17	0.22	0.26	0.28	0.29	0.29	0.00	0.14	0.26	0.34	0.37	0.40	0.42	0.43
25	0.00	0.08	0.15	0.19	0.21	0.24	0.25	0.25	0.00	0.13	0.23	0.29	0.33	0.36	0.38	0.39
30	0.00	0.07	0.11	0.16	0.18	0.21	0.22	0.22	0.00	0.11	0.19	0.25	0.28	0.31	0.33	0.34
40	0.00	0.05	0.09	0.11	0.14	0.16	0.17	0.17	0.00	0.09	0.15	0.20	0.22	0.24	0.26	0.27

Примечания.

1. Для передач, у которых u и Z_1 отличаются от указанных в таблице, коэффициенты смещения принимаются с округлением в большую сторону.
2. Коэффициенты смещения инструмента для колеса: $x_2=-x_1$; $x_{n2}=-x_{n1}$.
3. Если HB_1-HB_2>100, то передачу следует выполнять без смещения.

Таблица П.66

Проверочный расчет на контактную прочность

Наименование параметров	Обозначе-ние	Расчетные формулы и указания
1.Окружная скорость, м/с	V	$V=\frac{\pi n_2 \cdot d_{w2}}{60000}$
2.Коэффицмент динамической нагрузки	K_{HV}	Выбирается по табл. П.68. Степень точности передачи выбирается по табл. П.67.
3.Коэффициент концентрации нагрузки	$K_{H\beta}$	Выбирается по графикам рис. П.69
4.Коэффициент нагрузки	K_H	$K_H = K_{HV} \cdot K_{H\beta}$
5.Контактное напряжение, МПа	σ_H	$\sigma_H = \frac{340}{\mathrm{Re}-0.5B} \cdot \sqrt{\frac{M_2 K_H \left(u_\Phi^2+1\right)}{BV_H u_\Phi^2}}$, $\sigma_H \le [\sigma_H]$ Разрешается недогрузка не более 10% и перегрузка до 5%

Таблица П.67

Степень точности зубчатых передач

Степень точности	Окружная скорость вращения колес V, м/с	
	Прямозубых	Косозубых
6	До 15	До 30
7	10	15
8	6	10
9	2	4

Таблица П.68

Коэффициент динамической нагрузки K_{HV}

Степень точности	Твердость поверхности зубьев	V, м/с					
		1	2	4	6	8	10
5	а	1,03	1,06	1,12	1,17	1,23	1,23
		1,01	1,03	1,03	1,04	1,06	1,07
	б	1,02	1,04	1,07	1,10	1,15	1,18
		1,00	1,00	1,02	1,02	1,03	1,04
6	а	1,04	1,07	1,14	1,21	1,29	1,36
		1,02	1,03	1,05	1,06	1,07	1,08
	б	1,03	1,05	1,01	1,14	1,09	1,24
		1,00	1,01	1,02	1,03	1,03	1,04
7	а	1,04	1,08	1,16	1,24	1,32	1,40
		1,01	1,02	1,04	1,06	1,07	1,08
	б	1,03	1,06	1,10	1,16	1,22	1,26
		1,01	1,01	1,02	1,03	1,04	1,05
8	а	1,05	1,10	1,20	1,30	1,40	1,50
		1,01	1,03	1,05	1,07	1,09	1,12
	б	1,04	1,07	1,13	1,20	1,26	1,32
		1,01	1,01	1,02	1,04	1,04	1,05

Примечания.

1. Твердость поверхности зубьев: а) HB_1<350 и HB_2<350 или HPC_1>45 и HB_2<350 б) HPC_1>45 HPC_2>45.

2. Значение в числителе относится к прямозубым колесам, а в знаменателе – к колесам с круговыми зубьями.

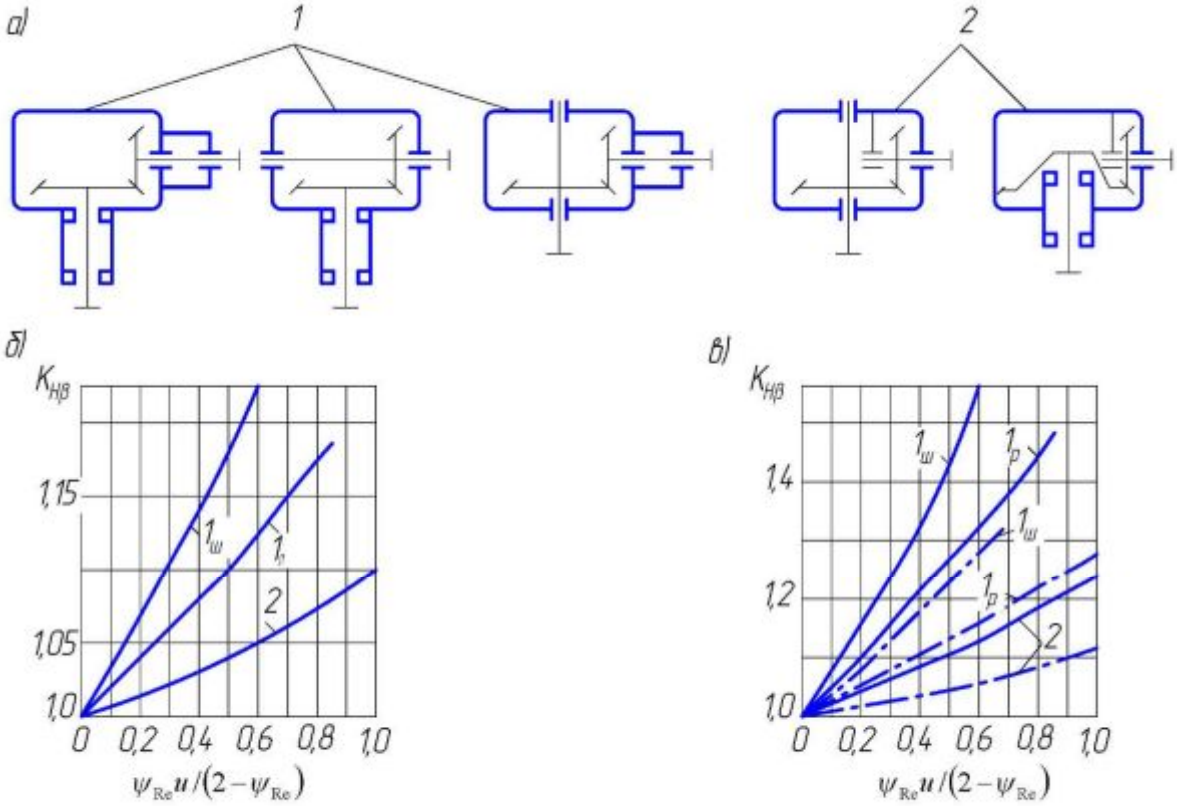


Рис. П.69. График для определения $K_{H\beta}$

а – схемы передач; б – графики при твердости рабочих поверхностей зубьев HB_1 и $HB_2 \leq 350$ или $HB_2 \leq 350$; в – при твердости HB_1 и $HB_2 \geq 350$; сплошные линии для прямозубых передач, штрих-пунктирные для передач с круговыми зубьями (при $HB_2 \leq 350$ принимаем $K_{H\beta}$=1); ш – шариковые опоры; р – роликовые опоры

Таблица П.70

Проверочный расчет зубьев на изгибную прочность

Наименование параметров	Обозначе-ние	Расчетные формулы и указания	
		Прямозубая передача	Передача с круговыми зубьями
1.Эквивалентное число зубьев: шестерни	$Z_{Э1}$	$Z_{Э1}=Z_1/\cos\delta_1$	$Z_{Э1}=Z_1/(\cos\delta_1 \cos^3\beta)$
колеса	$Z_{Э2}$	$Z_{Э2}=Z_2/\cos\delta_2$	$Z_{Э2}=Z_2/(\cos\delta_2 \cos^3\beta)$
2.Коэффициенты формы зуба: шестерни	Y_1	$Y_1=3.47+13.2/Z_{31} - 27.9x_1/Z_{Э1}+0.092x_1^2$	
колеса	Y_2	$Y_2=3.47+13.2/Z_{32} - 27.9x_2/Z_{Э2}+0.092x_2^2$ Для колес с круговыми зубьями $x_1=x_{n1}$, $x_2=x_{n2}$	
3.Коэффициенты динамической нагрузки	K_{FV}	Выбирается по таблице П.71	
4.Коэффициенты концентрации нагрузки	$K_{F\beta}$	$K_{F\beta}=1+(K_{H\beta}-1)1.5$	
5.Коэффициенты нагрузки	K_F	$K_F = K_{F\beta} \cdot K_{F\beta}$	
6.Напряжение изгиба, МПа	σ_F	$\sigma_F=\dfrac{2MK_FY}{dBv_Fm(m_n)}$ $\sigma_F \le [\sigma_F]$ где v_F определяется по табл. П.62. Расчет выполняется по тому из колес, у которого отношение $[\sigma_F]/Y$ меньше	

Таблица П.71

Коэффициент динамической нагрузки K_{FV}

Степень точности	Твердость поверхностей зубьев	V, м/с					
		1	2	4	6	8	10
5	а	1,06	1,13	1,26	1,40	1,53	1,67
		1,02	1,05	1,70	1,15	1,20	1,25
	б	1,02	1,04	1,08	1,11	1,14	1,17
		1,01	1,02	1,03	1,04	1,06	1,07
6	а	1,08	1,16	1,33	1,50	1,67	1,80
		1,03	1,06	1,11	1,16	1,22	1,27
	б	1,03	1,05	1,01	1,13	1,17	1,22
		1,01	1,02	1,03	1,05	1,07	1,08
7	а	1,10	1,20	1,38	1,58	1,78	1,96
		1,03	1,06	1,11	1,17	1,23	1,29
	б	1,04	1,06	1,12	1,16	1,21	1,26
		1,01	1,02	1,03	1,05	1,07	1,08
8	а	1,13	1,28	1,50	1,77	1,98	2,25
		1,04	1,07	1,14	1,21	1,28	1,35
	б	1,04	1,07	1,14	1,21	1,27	1,34
		1,01	1,02	1,04	1,06	1,08	1,09

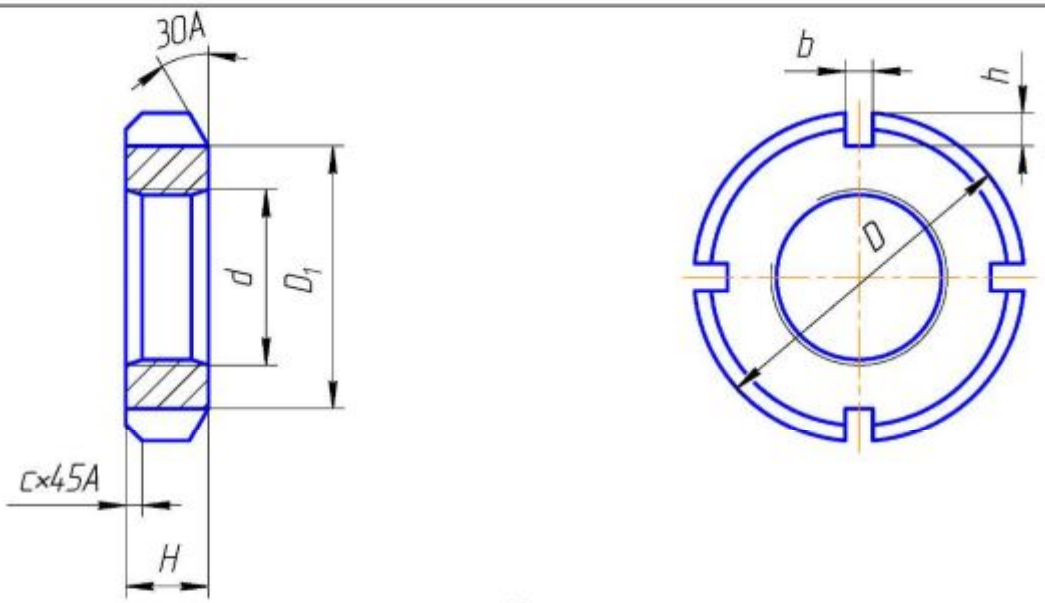
Примечание:

1. Твердость поверхности зубьев: а) HB_1<350 и HB_2<350 или HPC_1>45 и HB_2<350 б) HPC_1>45 и HPC_2>45.

2. Значение в числителе относится к прямозубым колесам а в знаменателе к колесам с круговыми зубьями.

Таблица П.72

Гайки круглые шлицевые класса точности А (ГОСТ 11871-88)



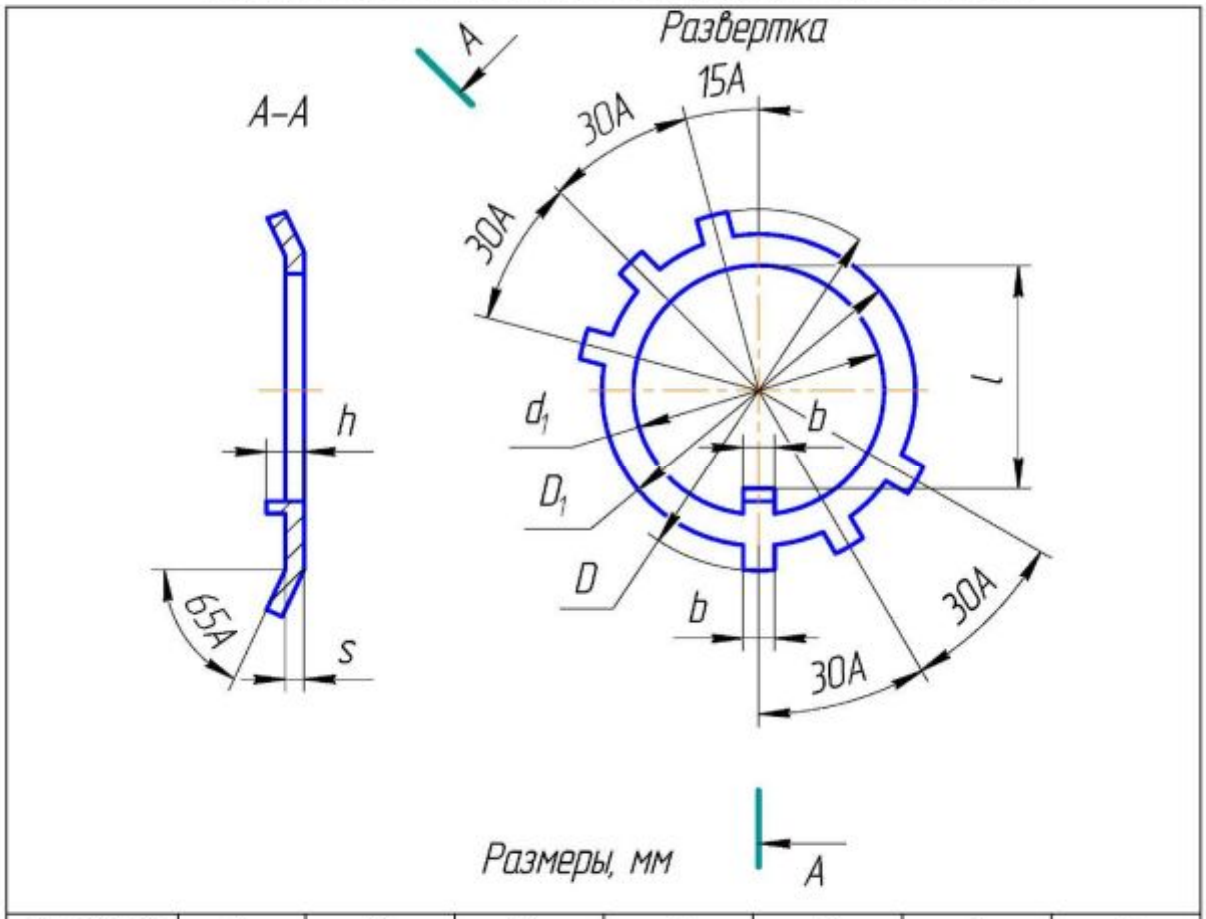
Размеры, мм

Резьба	D	D_1	H	b	h	$c \leq$
М20?1,5*	34	27	8	5	2,5	1
М22?1,5	38	30	10	5	2,5	1
М24?1,5*	42	33	10	5	2,5	1
М27?1,5	45	36	10	5	2,5	1
М30?1,5	48	39	10	5	2,5	1
М33?1,5	52	42	10	6	3,0	1
М36?1,5*	55	45	10	6	3,0	1
М39?1,5	60	48	10	6	3,0	1
М42?1,5*	65	52	10	6	3,0	1
М45?1,5	70	56	10	6	3,6	1
М48?1,5*	75	60	12	8	4,0	1
М52?1,5	80	65	12	8	4,0	1
М56?2,0*	85	70	12	8	4,0	1,6
М60?2,0	90	75	12	8	4,0	1,6

Примечание. 1. Предпочтительные размеры отмечены звездочкой. 2. Пример условного обозначения с диаметром резьбы *d*=20 мм, с мелким шагом резьбы 1,5 мм, с полем допуска 6*H*: Гайка М20?1,5-6*H* ГОСТ 11871-88

Таблица П.73

Стопорные многолапчатые шайбы (ГОСТ 11872-89)



Резьба d	d_1	D	D_1	l	b	h	s
M20?1,5	20,5	37	27	17	4,8	4	1,0
M22?1,5	22,5	40	30	19	4,8	4	1,0
M24?1,5	24,5	44	33	21	4,8	4	1,0
M27?1,5	27,5	47	36	24	4,8	5	1,0
M30?1,5	30,5	50	39	27	4,8	5	1,0
M33?1,5	33,5	54	42	30	5,8	5	1,6
M36?1,5	36,5	58	45	33	5,8	5	1,6
M39?1,5	39,5	62	48	36	5,8	5	1,6
M42?1,5	45,5	67	52	39	5,8	5	1,6
M45?1,5	45,5	72	56				

Примечание. Пример условного обозначения шайбы для круглой шлицевой гайки с диаметром резьбы 20 мм, из материала группы 21 без покрытия: Шайба 20.21 ГОСТ 11872-89

Таблица П.74

Материал для изготовления червяков

Марка стали	Термообработка, твердость	Область применения
18ХГТ 20Х 12ХН3А 15ХФ	Цементация и закалка, 56…63 *HRC*	Передачи средней и высокой мощности
40Х 40ХН 35ХГСА	Поверхностная закалка, 45…55 *HRC*	Передачи средней и высокой мощности
35 45 50 35ХМ	Улучшение, менее 350 *HB*	Передача небольшой мощности (до 2…3 кВт)

Таблица П.75

Материалы для изготовления червячных колес

Материал	Способ отливки	σ_B, МПа	σ_T, МПа	σ_{BH}, МПа	Максимальная скорость скольжения V_S, м/с
БрОНФ10-1-1	Центробежный	290	170		35
БрОФ10-1	Центробежный, в кокиль, в землю	230 260 200	140 150 120		25
БрОЦС5-5-5	В кокиль, в землю	200 145	100 80		12
БрАЖ9-4Л	Центробежный, в кокиль, в землю	 500 390	 200 195		5
СЧ18	В землю			353	2
СЧ15	В землю			314	2

Примечание.
Скорость скольжения при проектном расчете предварительно вычисляется по эмпирической формуле: $V_S = 4{,}5 \cdot 10^{-4} \cdot n_1 \cdot \sqrt[3]{M_2}$

Таблица П.76

Определение допускаемых напряжений

Наименование параметров	Обозна-чения	Расчетные формулы и указания
1. Допускаемое контактное напряжение, МПа	$[\sigma_H]$	Для колес из безоловянистой бронзы: $[\sigma_H]=275\ldots300-25V_S$ Рекомендуется принимать большее значение числового коэффициента для цементованного червяка, меньшие – для закаленного. Для колес из чугуна: $[\sigma_H]=175\ldots200-35V_S$ Рекомендуется принимать большее значение числового коэффициента для закаленного червяка, меньшие – для улучшенного. Для колес из оловянистой бронзы: $[\sigma_H]=(0{,}75\ldots0{,}9)\sigma_B\sqrt[8]{10^7/N}$ При постоянной нагрузке: $N=60n_2t_C$ - действительное число циклов нагружений, $t_C=365L_TK_Г24K_C$ - суммарное время работы передачи под нагрузкой. При переменной нагрузке: $N=60\sum(M_i/M_{\max})^4\ t_i\ n_i$ - эквивалентное число циклов нагружений, $10^7\le N\le25\cdot10^7$, где M_i, n_i, t_i, $M_{\max}$ - момент, частота вращения колеса, время работы при режиме i, максимальный длительно действующий момент, определяемый по графику нагрузки.

Наименование параметров	Обозна-чения	Расчетные формулы и указания
2. Допускаемое напряжение изгиба	$[\sigma_F]$	Для бронзовых колес: $[\sigma_F]$=(,25σ_T+0,08σ_B)$\sqrt[9]{10^6/N}$, при нереверсивной нагрузке; $[\sigma_F]$=0,16$\sigma_B\sqrt[9]{10^6/N}$, при реверсивной нагрузке. Эквивалентное число циклов $N = 60\sum(M_i/M_{\max})^9\ t_i\ n_i$, $10^6 \le N \le 25\cdot 10^7$ Для колес из чугуна: $[\sigma_F]$=0,22σ_{BH} - при нереверсивной нагрузке, $[\sigma_F]$=0,18σ_{BH} - при реверсивной нагрузке
3. Предельное допускаемое контактное напряжение	$[\sigma_{H\max}]$	Для колес из безоловянистой бронзы: $[\sigma_{H\max}]$=2σ_T Для колес из оловянистой бронзы: $[\sigma_{H\max}]$=4σ_T Для колес из чугуна: $[\sigma_{H\max}]$=1,65σ_{BH}
4. Предельное допускаемое напряжение изгиба	$[\sigma_{F\max}]$	Для бронзовых колес: $[\sigma_{F\max}]$=0,8σ_T Для колес из чугуна: $[\sigma_{F\max}]$=0,6σ_{BH}

Таблица П.77

Расчет на контактную прочность

Наименование параметров	Обозначе-ние	Расчетные формулы и указания
1. Число заходов червяка	Z_1	Рекомендуется принимать: Z_1=4 при U=8…15; Z_1=2 при U=15…30; Z_1=1 при U>30
2. Число зубьев колеса	Z_2	$Z_2 = U\,Z_1$ Округляем до ближайшего целого числа
3. Коэффициент диаметра червяка	q	Рекомендуется задать по таблице П.64
4. Межосевое расстояние	a_w	$a_w = (Z_2/q+1)\sqrt[3]{M_2 k_n [170q/(Z_2[\sigma_H])]^2 \cdot 10^3}$ Рекомендуется принимать k_n=1,3…1,5
5. Модуль	m	$m = 2a_W/(q+Z_2)$. Округляется до ближайшего стандартного значения (табл.П.78) и уточняются q и a_w (табл. П.79)

Таблица П.78

Сочетания модулей и коэффициентов диаметра червяка (по ГОСТ 2144-76)

m, мм	q
2; 2,5; 3,15; 4; 5; 8; 10; 12,5	8; 10; 12,5; 16; 20
6,3	8; 10; 12,5; 14; 16; 20
16	8; 10; 12,5; 16
20	8; 10

Таблица П.79

Основные параметры цилиндрических червячных передач (по ГОСТ 2144-76)

U	a_W	50			100			125		
8; 16; 31,5	Z_2/Z_1	32:4	32:2	32:1	32:4	32:2	32:1	32:4	32:2	32:1
	m	4,00			5,0			6,30		
	q	8			8,0			8		
	X	0			0			-0,16		
9; 18; 35,5	Z_2/Z_1	36:4	36:2	36:1	36:4	36:2	36:1	36:4	36:2	36:1
	m	3,15			4,00			5,00		
	q	16,0			12,5			12,5		
	X	-0,603			+0,750			+0,750		
10; 20; 40	Z_2/Z_1	40:4	40:2	40:1	40:4	40:2	40:1	40:4	40:2	40:1
	m	3,15			4,00			5,00		
	q	10			10			10		
	X	+0,4			0			0		
11,2; 22,4; 45	Z_2/Z_1	46:4	46:2	46:1	46:4	46:2	46:1	46:4	46:2	46:1
	m	2,50			3,15			4,00		
	q	16			16			16		
	X	+1,00			+0,75			+,025		
12,5; 25; 50	Z_2/Z_1	50:4	50:2	50:1	50:4	50:2	50:1	50:4	50:2	50:1
	m	2,50			4,15			4,00		
	q	12,5			12,5			12,5		
	X	+0,750			+0,496			0		
14; 28; 56	Z_2/Z_1	58:4	58:2	58:1	58:4	58:2	58:1	58:4	58:2	58:1
	m	2,00			2,50			3,15		
	q	20			20,0			20		
	X	+1,000			+1,000			+0,682		

U	a_W	140			160			180		
8; 16; 31,5	Z_2/Z_1	32:4	32:2	32:1	32:4	32:2	32:1	32:4	32:2	32:1
	m	6,3			8,0			8,0		
	q	12,5			8,0			12,5		
	X	-0,03			0			+0,25		
9; 18; 35,5	Z_2/Z_1	36:4	36:2	36:1	36:4	36:2	36:1	36:4	36:2	36:1
	m	6,3			6,3			8,0		
	q	8,0			14,0			8,0		
	X	-0,222			+0,397			+0,500		
10; 20; 40	Z_2/Z_1	40:4	40:2	40:1	40:4	40:2	40:1	40:4	40:2	40:1
	m	5,0			6,3			6,3		
	q	16			10			16		
	X	0			+0,397			+0,571		
11,2; 22,4; 45	Z_2/Z_1	46:4	46:2	46:1	46:4	46:2	46:1	46:4	46:2	46:1
	m	5,0			5,0			6,3		
	q	10			16			10		
	X	0			+1,000			0,571		
12,5; 25; 50	Z_2/Z_1	50:4	50:2	50:1	50:4	50:2	50:1	50:4	50:2	50:1
	m	4,0			5,0			5,0		
	q	20,0			12,5			20,0		
	X	0			+0,750			+0,100		
14; 28; 56	Z_2/Z_1	58:4	58:2	58:1	58:4	58:2	58:1	58:4	58:2	58:1
	m	4,0			4,0			5,0		
	q	12,5			20,0			12,5		
	X	-0,250			+1,000			+0,750		

Продолжение таблицы П.79

U	a_W	200			225			250		
8; 16; 31,5	Z_2/Z_1	32:4	32:2	32:1	32:4	32:2	32:1	32:4	32:2	32:1
	M	10,0			10,0			12,5		
	Q	8,0			12,5			8,0		
	X	0			+0,25			0		
9; 18; 35,5	Z_2/Z_1	36:4	36:2	36:1	36:4	36:2	36:1	36:4	36:2	36:1
	M	8,0			10,0			10,0		
	Q	12,5			8,0			12,5		
	X	+0,750			+0,500			+0,750		
10; 20; 40	Z_2/Z_1	40:4	40:2	40:1	40:4	40:2	40:1	40:4	40:2	40:1
	M	8,0			8,0			10,0		
	Q	10			16			10		
	X	0			+0,125			0		
11,2; 22,4; 45	Z_2/Z_1	46:4	46:2	46:1	46:4	46:2	46:1	46:4	46:2	46:1
	M	6,3			8,0			8,0		
	Q	16			10			16		
	X	+0,750			+0,125			+0,250		
12,5; 25; 50	Z_2/Z_1	50:4	50:2	50:1	50:4	50:2	50:1	50:4	50:2	50:1
	M	6,3			6,3			8,0		
	Q	12,5			20,0			12,5		
	X	+0,496			+0,710			0		
14; 28; 56	Z_2/Z_1	58:4	58:2	58:1	58:4	58:2	58:1	58:4	58:2	58:1
	m	5,0			6,3			6,2		
	q	20,0			12,5			20,0		
	X	+1,000			+0,464			+0,682		

Продолжение таблица П.79

U	a_W	280			315			355		
8; 16; 31,5	Z_2/Z_1	32:4	32:2	32:1	32:4	32:2	32:1	32:4	32:2	32:1
	m	12,5			16,0			16,0		
	q	12,5			8,0			12,5		
	X	+0,150			-0,300			-0,063		
9; 18; 35,5	Z_2/Z_1	36:4	36:2	36:1	36:4	36:2	36:1	36:4	36:2	36:1
	m	12,5			12,5			16,0		
	q	8,0			12,5			8,0		
	X	+0,400			+0,950			+0,187		
10; 20; 40	Z_2/Z_1	40:4	40:2	40:1	40:4	40:2	40:1	40:4	40:2	40:1
	m	10,0			12,5			12,5		
	q	16			10			16		
	X	0			+0,200			+0,400		
11,2; 22,4; 45	Z_2/Z_1	46:4	46:2	46:1	46:4	46:2	46:1	46:4	46:2	46:1
	m	10,0			10,0			12,5		
	q	10			16			10		
	X	0			+0,500			+0,400		
12,5; 25; 50	Z_2/Z_1	50:4	50:2	50:1	50:4	50:2	50:1	50:4	50:2	50:1
	m	8,0			10,0			10,0		
	q	20,0			12,5			20,0		
	X	0			+0,25			+0,50		
14; 28; 56	Z_2/Z_1	58:4	58:2	58:1	58:4	58:2	58:1	58:4	58:2	58:1
	m	8,0			8,0			10,0		
	q	12,5			20,0			12,5		
	X	-0,250			+0,375			+0,250		

Окончание таблица П.79

U	a_W	400			450			500		
8; 16; 31,5	Z_2/Z_1	32:4	32:2	32:1	32:4	32:2	32:1	32:4	32:2	32:1
	M	20,0								
	Q	8,0								
	X	0								
9; 18; 35,5	Z_2/Z_1	36:4	36:2	36:1	36:4	36:2	36:1	36:4	36:2	36:1
	M	16,0			20,0					
	Q	12,5			8,0					
	X	+0,750			+0,500					
10; 20; 40	Z_2/Z_1	40:4	40:2	40:1	40:4	40:2	40:1	40:4	40:2	40:1
	M	16,0			16,0			20,0		
	Q	10			16			10		
	X	0			+0,125			0		
11,2; 22,4; 45	Z_2/Z_1	46:4	46:2	46:1	46:4	46:2	46:1	46:4	46:2	46:1
	M	12,5			16,0			16,0		
	Q	16			10			16		
	X	+1,000			+0,125			+0,250		
12,5; 25; 50	Z_2/Z_1	50:4	50:2	50:1	50:4	50:2	50:1	50:4	50:2	50:1
	M	12,5			12,5			16,0		
	Q	12,5			20,0			12,5		
	X	+0,75			+1,00			0		
14; 28; 56	Z_2/Z_1	58:4	58:2	58:1	58:4	58:2	58:1	58:4	58:2	58:1
	m	10,0			12,5			12,5		
	q	20,0			12,5			20,0		
	X	+1,000			+0,750			+1,000		

Таблица П.80

Расчет основных геометрических параметров

Наименования параметров	Обозначе-ния	Расчетные формулы и указания.
1. Коэффициент смещения червяка	X	$X=a_W/m-0,5(Z_2+q)$, $-1\le X\le 1$
2. Межосевое расстояние	a_W	$a_W=0,5(Z_2+q+2X)m$
3. Делительный диаметр червяка	d_1	$d_1=qm$
4. Делительный диаметр червячного колеса	d_2	$d_2=Z_2m$
5. Начальный диаметр червяка	d_{W1}	$d_{W1}=(q+2X)m$
6. Делительный угол подъема	γ	$\mathrm{tg}\,\gamma = Z_1/c$
7. Начальный угол подъема	γ_W	$\mathrm{tg}\,\gamma_W = Z_1m/q$
8. Высота витка червяка	h_1	$h_1=2,2m$
9. Диаметр вершин витков червяка	d_{a1}	$d_{a1}= d_1+m$
10. Диаметр вершин зубьев колеса	d_{a2}	$d_{a2}= d_2+2(1-X)m$
11. Наибольший диаметр червячного колеса	d_{aM2}	$d_{aM2}\le d_{a2}+6nV(Z_1+2)$
12. Ширина венца колеса	b_2	$b_2\le 0,75\ d_{a1}$, мм при $Z_1\le 3$ $b_2\le 0,67\ d_{a1}$, мм при $Z_1=4$
13. Длина нарезанной части червяка	b_1	При $Z_1\le 2$ $b_1\ge(10,5+Z_2)m$ $X=-1$ $b_1\ge(8+0,06Z_2)m$ $X=-0,5$ $b_1\ge(11-0,06Z_2)m$ $X=0$ $b_1\ge(11-0,12Z_2)m$ $X=0,5$ $b_1\ge(12+0,1Z_2)m$ $X=1$

		При Z_1=4 $b_1 \geq (10,5+Z_2)m$ X=-1 $b_1 \geq (9,5+0,09Z_2)m$ X=-0,5 $b_1 \geq (12,5+0,09Z_2)m$ X=0 $b_1 \geq (12,5+0,1Z_2)m$ X=0,5 $b_1 \geq (13+0,1Z_2)m$ X=1 Примечания. 1. При промежуточном значении X длину b_1 вычисляют по ближайшему пределу X, который дает большее значение b_1 2. Для шлифуемых и фрезеруемых червяков полученную по таблице длину b_1 следует увеличить на 25 мм при m<10 мм; на 35…40 мм при m=10…16мм на 50 мм при m>16 мм

Таблица П.81

Проверочный расчет на контактную прочность

Наименования параметров	Обозначения	Расчетные формулы и указания.
1. Окружная скорость червяка	V_1	$V_1=\pi n_1 d_1/60000$
2. Окружная скорость колеса	V_2	$V_2=\pi n_2 d_2/60000$
3. Скорость скольжения	V_3	$V_3=\sqrt{V_1^2+V_2^2}$
4. Коэффициент динамической нагрузки	$K_Д$	Выбирается по табл. П82
5. Коэффициент концентрации нагрузки	$K_{КЦ}$	$K_{КЦ}=1+(Z_2/\Theta)?(1-x)$ Коэффициент деформации червяка Θ выбирается по табл. П89. Вспомогательный коэффициент: $x=1$ при постоянной нагрузке; $x\approx0,6$ при незначительных колебаниях нагрузки; $x\approx0,3$ при значительных колебаниях нагрузки
6. Коэффициент нагрузки	$K_Н$	$K_Н= K_{КЦ} K_Д$
7. Контактное напряжение	$\sigma_Н$	$\sigma_Н=(170q/Z_2)\sqrt{M_2K_Н(Z_2/q+1)?/a_W?}$, $\sigma_Н=[\sigma_Н]$ Разрешается расчетное напряжение ниже допускаемого до 15%

Таблица П.82

Коэффициент динамической нагрузки

Степень точности	$V_1 \leq 1,5$ м/с	$1,5 < V_1 \leq 3$ м/с	$3 < V_1 \leq 7,5$ м/с	$7,5 < V_1 \leq 12$ м/с
7	1	1	1,1	1,2
8	1,15	1,25	1,4	-
9	1,25	-	-	-

Таблица П.83

Коэффициент деформации червяка

Z_1	q=8	q=9	q=10	q=12	q=12.5	q=14	q=16
1	72	89	108	147	157	179	194
2	57	71	86	117	125	149	163
3	51	61	76	103	110	131	144
4	47	58	70	94	101	120	131

Таблица П.84

Проверочный расчет зубьев колеса на изгибную выносливость

Наименования параметров	Обозначения	Расчетные формулы и указания
1. Эквивалентное число зубьев колеса	Z_0	$Z_0=Z_2/\cos^3\gamma$
2. Коэффициент формы зуба колеса	Y	Выбирается по табл.П85
3. Напряжения изгиба	σ_F	$\sigma_F=1,4M_2K_{11}/(mYd_2b_2)$, $\sigma_F=[\sigma_F]$

Таблица П.85

Коэффициент формы зуба

Z_0	20	24	26	28	30	32	35	37
Y	0,505	0,532	0,54	0,556	0,568	0,585	0,61	0,621
Z_0	40	45	50	60	80	100	150	300
Y	0,645	0,676	0,69	0,714	0,746	0,77	0,787	0,806

Таблица П.86

Приведенный угол трения между стальным червяком и бронзовым колесом

V_S , м/с	φ
0,1	4°34'-5°09'
0,25	3°34'-4°17'
0,5	3°09'-3°43'
1	2°35'-3°09'
1,5	2°17'-2°52'
2	2°-2°35'
2,5	1°43'-2°17'
3	1°36'-2°
4	1°19'-1°43'
7	1°02'-1°29'
10	0°55'-1°22'
15	0°48'-1°09'

Примечания:

1. Меньшие значения следует принимать при шлифованном или полированном червяке.
2. При венце из безоловянистой бронзы табличные значения следует увеличить на 30…50%.
3. При чугунном колесе табличные значения следует увеличить на 60%.

Таблица П.87

Тепловой расчет

Наименования параметров	Обозначе-ния	Расчетные формулы и указания.
1. Приведенный угол трения	φ	Выбирается по табл. П.86
2. КПД передачи	η	$\eta=(0,95\ldots0,96)\mathrm{tg}\gamma/\mathrm{tg}(\gamma+\varphi)$
3. Площадь поверхности теплоотдачи корпуса редуктора, м?	S	$S=20a_W^{1,7}$ или определяется приближенно как сумма площадей шести граней прямоугольного параллелепипеда. При наличии ребер учитывается 50% их поверхностей.
4. Температура масла	$T_М$	$T_М=M_2\pi n_2(1-\eta)/(30\eta K_T S)+20°$, $T_М\leq95°C$ Коэффициент теплопередачи K_T =12…18 Вт/м?·°С, При искусственном обдуве K_T =20…30 Вт/м?·°С

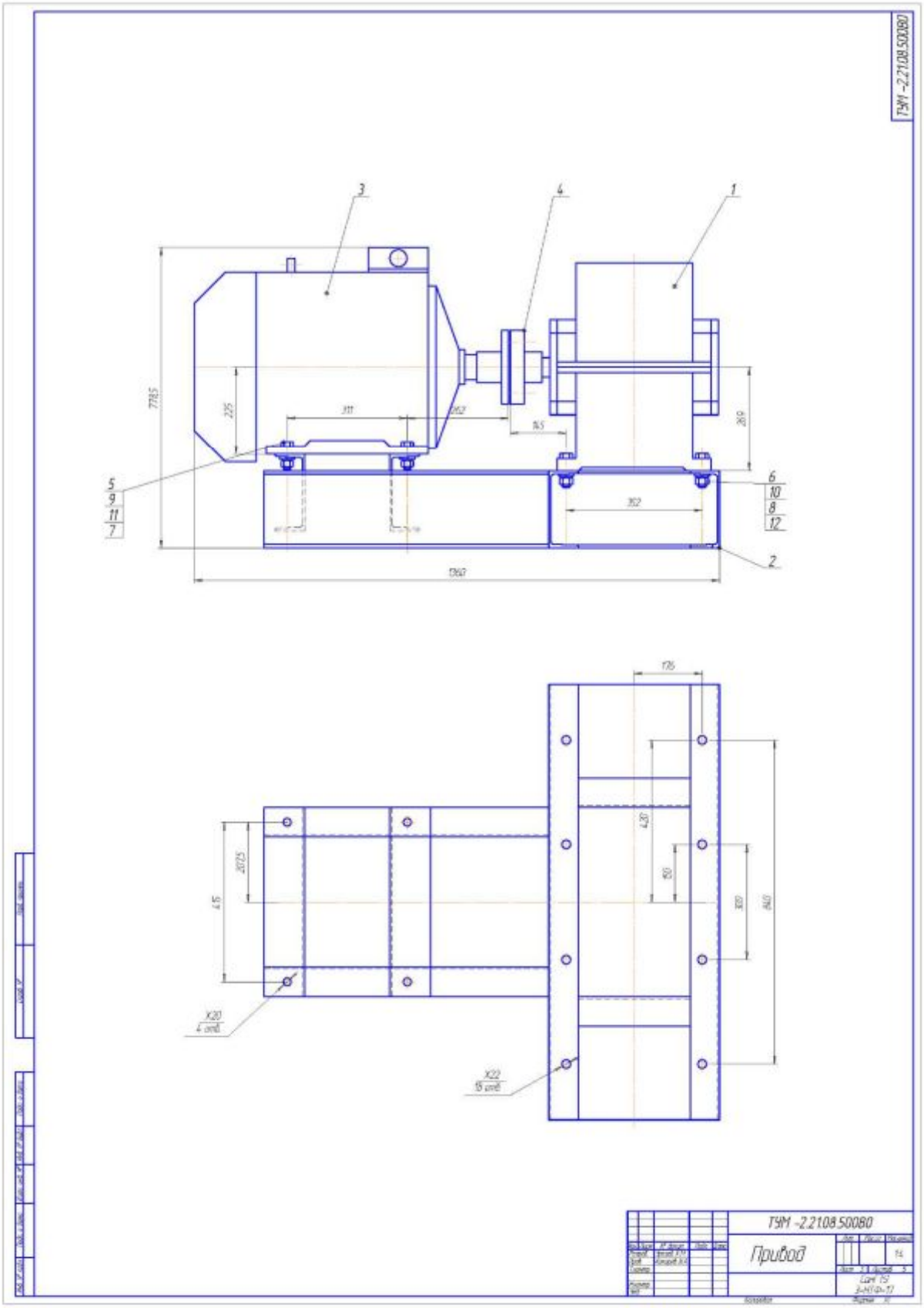


Рис.П.88. Пример чертежа общего вида привода.

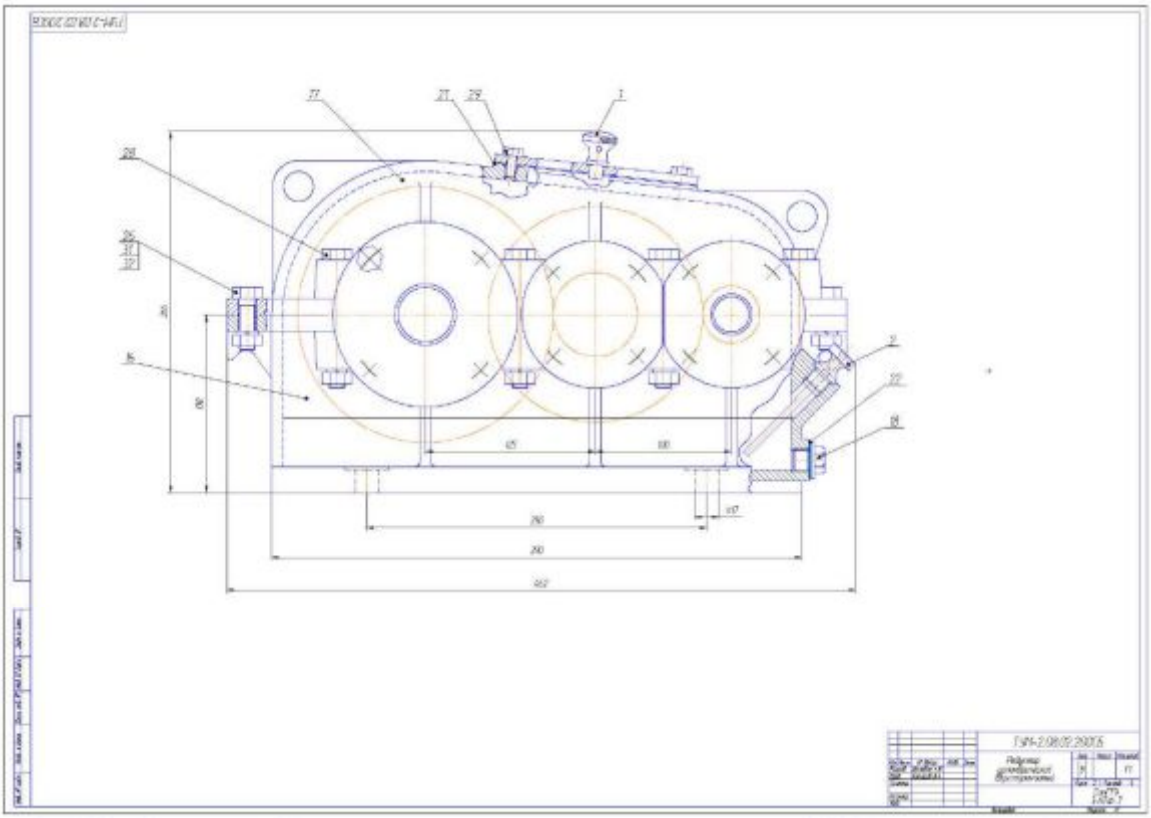


Рис. П.89. Пример сборочного чертежа редуктора типа Ц2 (главный вид).

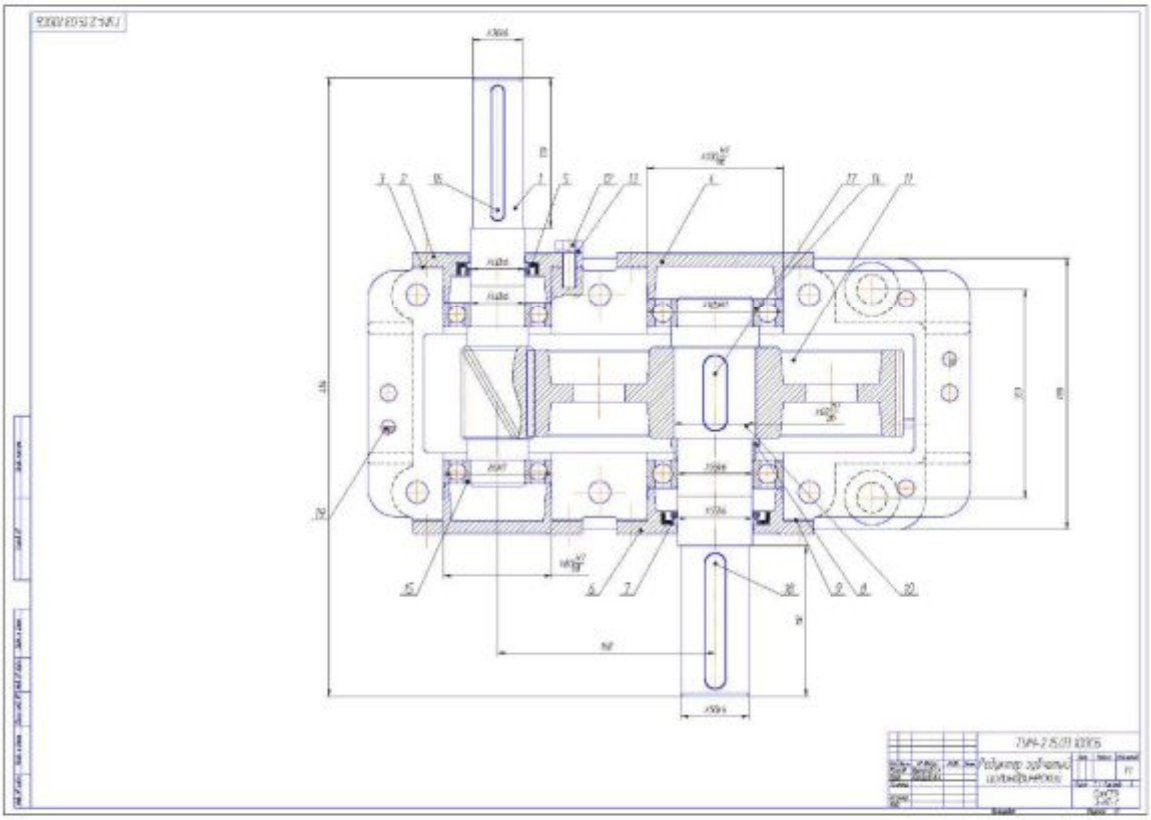


Рис. П.90. Пример сборочного чертежа одноступенчатого редуктора типа Ц (вид сверху без крышки).

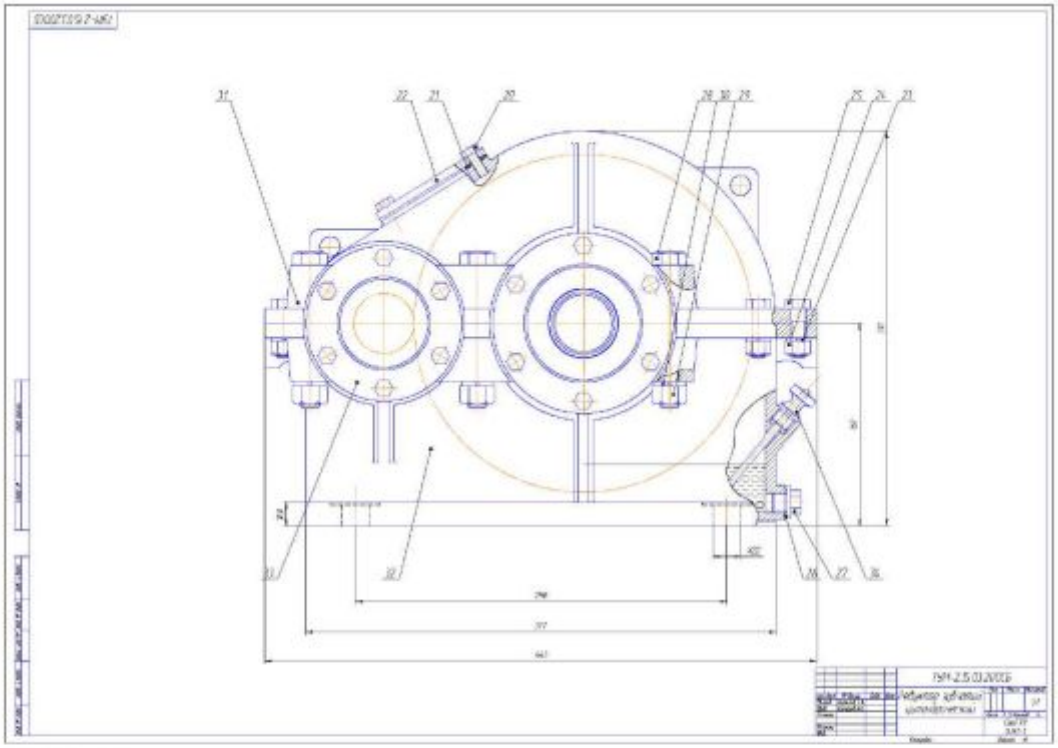


Рис. П.91. Пример сборочного чертежа одноступенчатого редуктора типа Ц (главный вид).

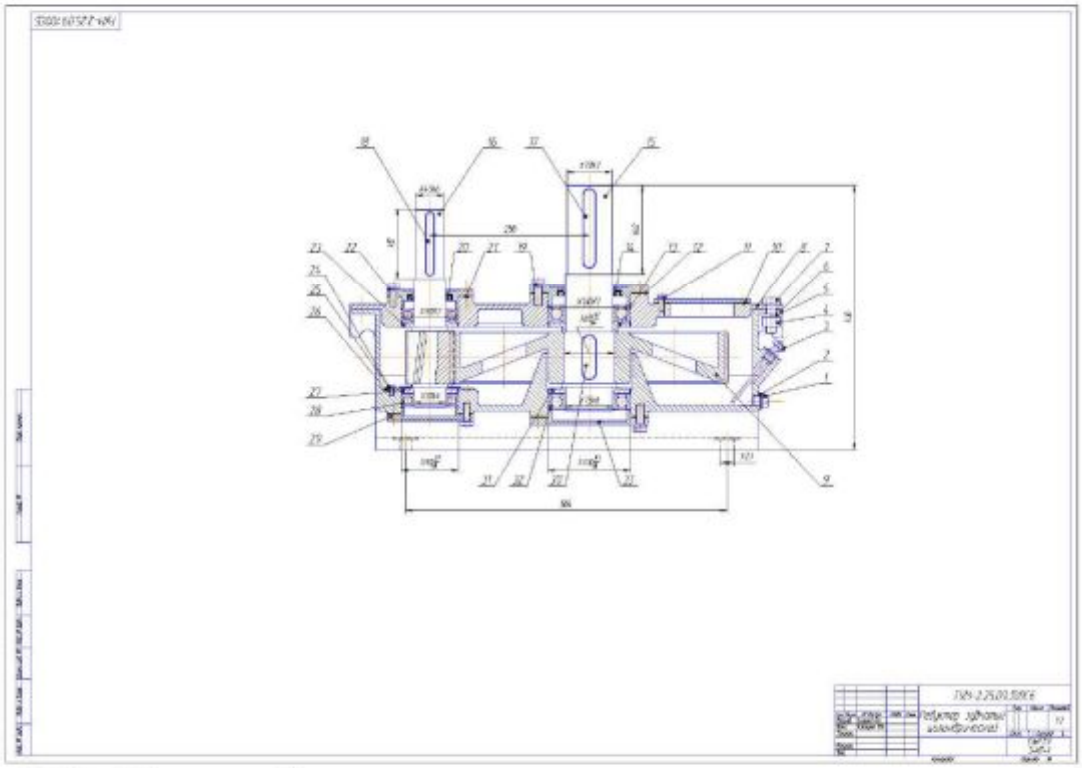


Рис. П.92. Пример сборочного чертежа одноступенчатого цилиндрического редуктора типа $Ц_Б$ (главный вид с разрезом по осям валов).

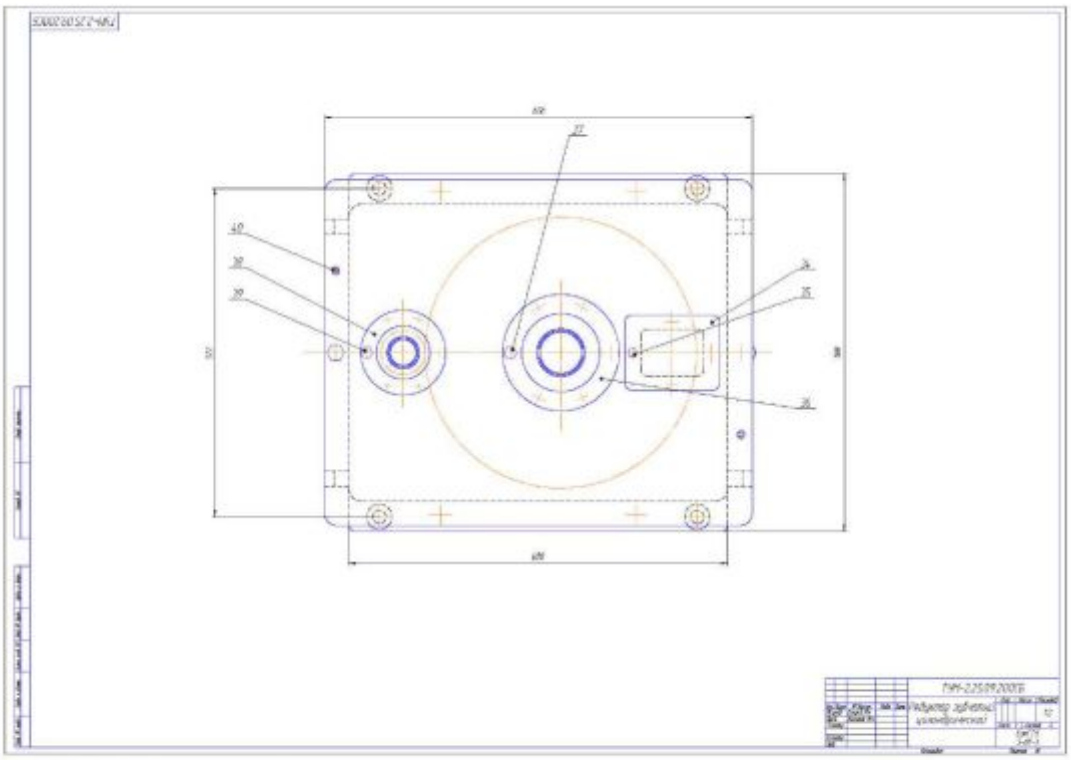


Рис. П.93. Пример сборочного чертежа одноступенчатого цилиндрического редуктора типа $Ц_Б$ (вид сверху).

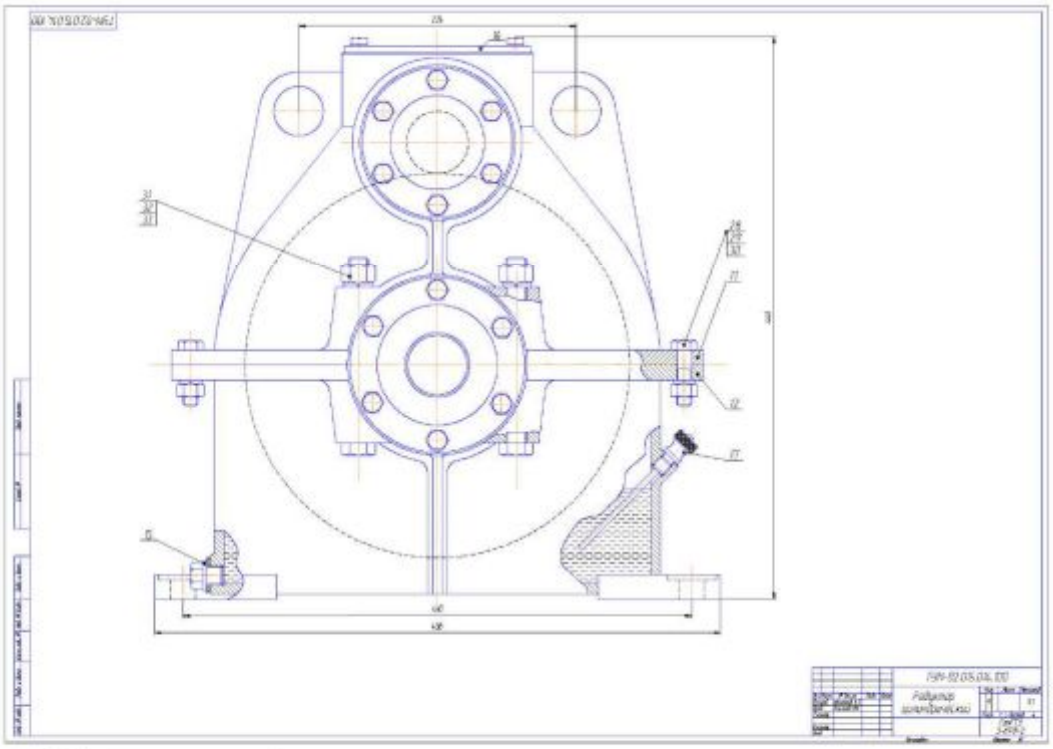


Рис. П.94. Пример сборочного чертежа одноступенчатого цилиндрического редуктора типа $Ц_В$ (главный вид).

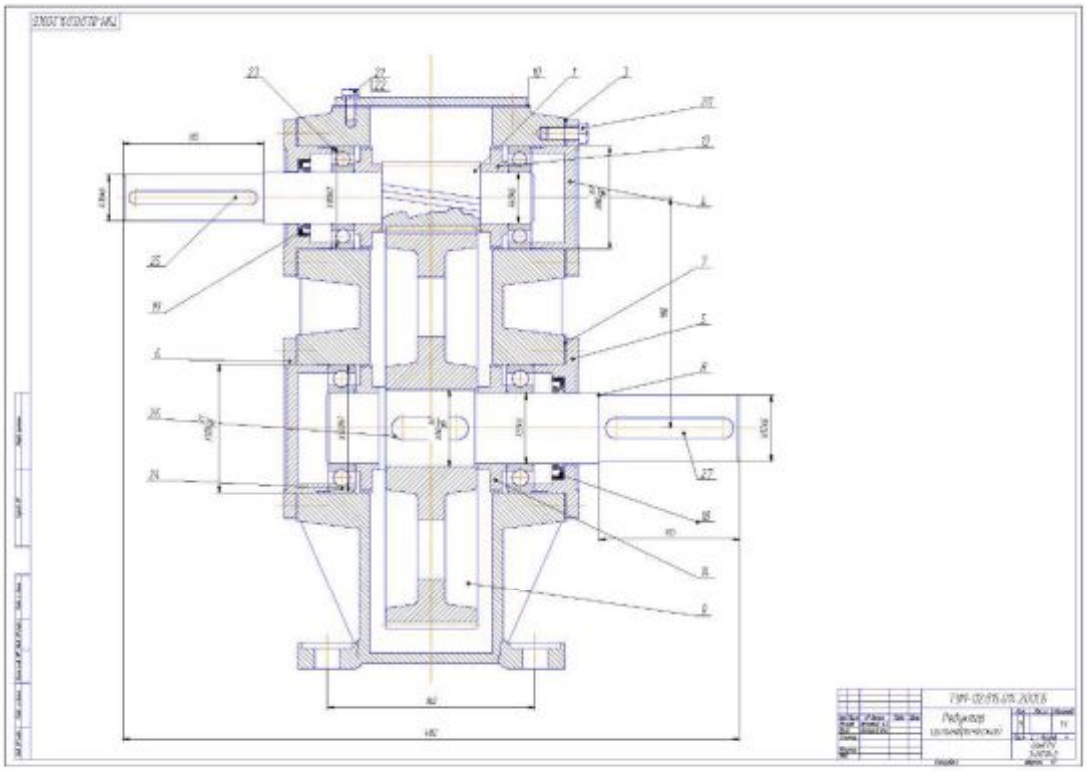


Рис. П.95. Пример сборочного чертежа одноступенчатого цилиндрического редуктора типа $Ц_В$ (вид сбоку с разрезом по осям валов).

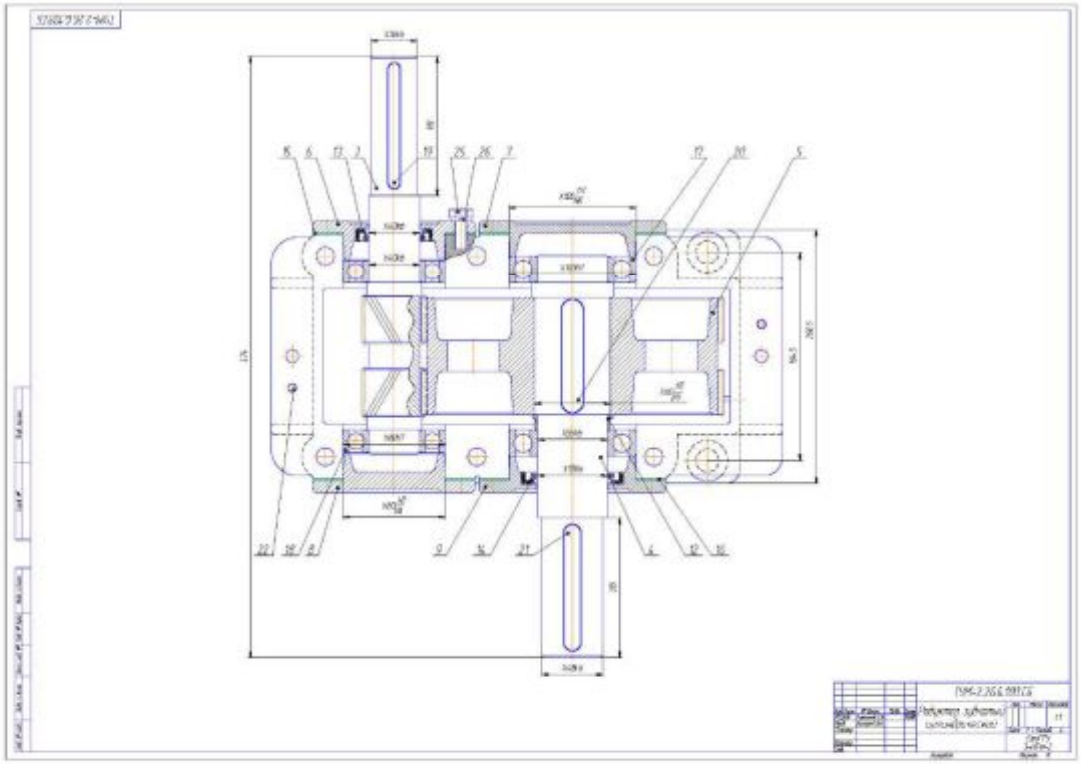


Рис. П.96. Пример сборочного чертежа одноступенчатого цилиндрического шевронного редуктора типа Ц (вид сверху без крышки).

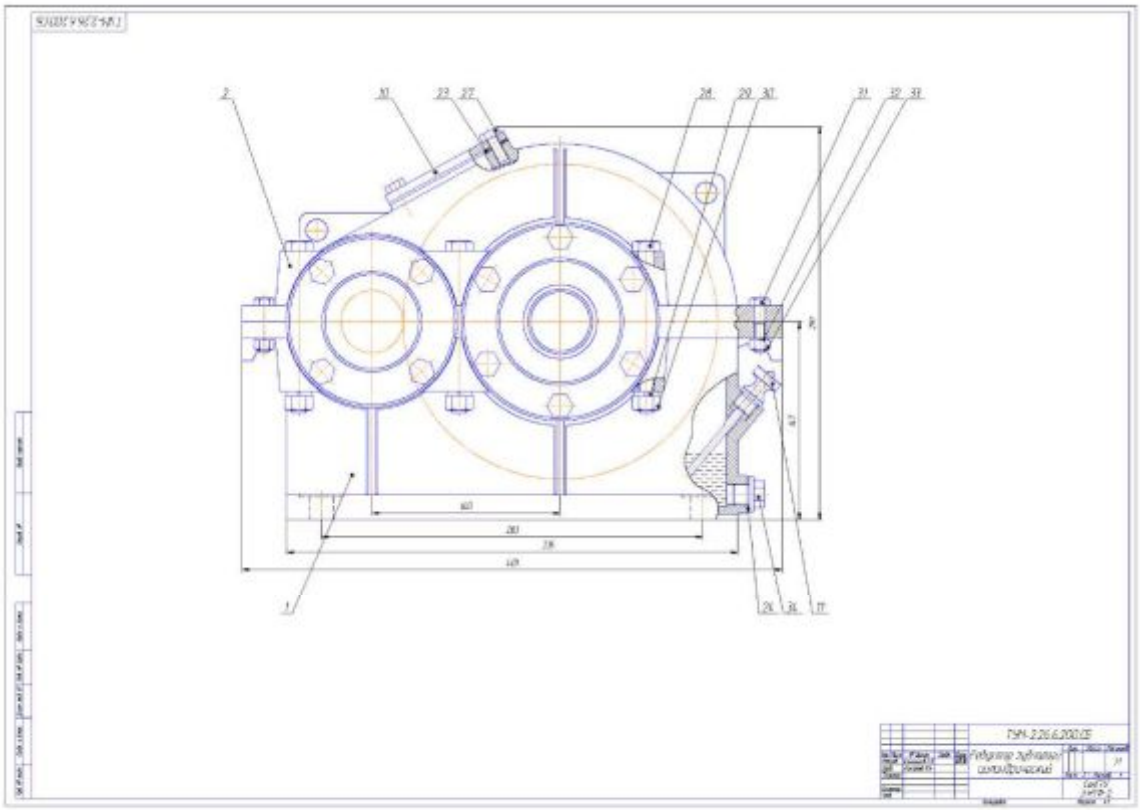


Рис. П.97. Пример сборочного чертежа одноступенчатого цилиндрического шевронного редуктора типа Ц (главный вид).

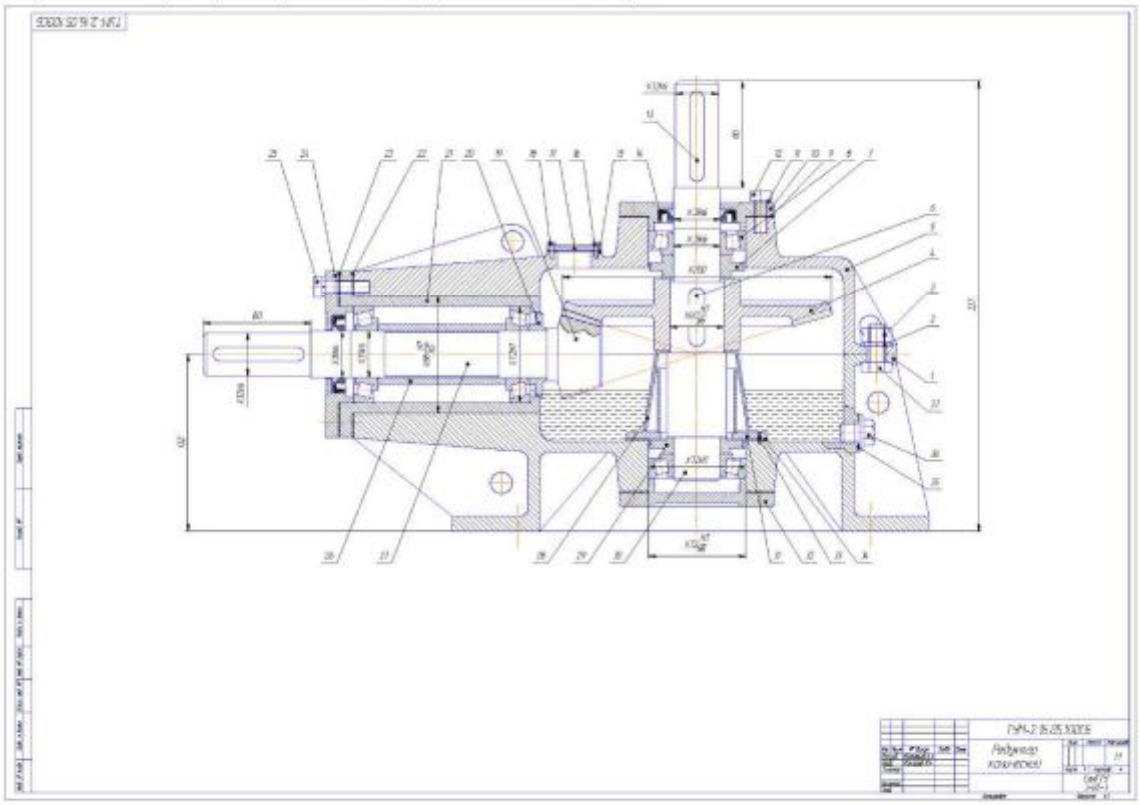


Рис. П.98. Пример сборочного чертежа одноступенчатого конического редуктора типа $К_Т$ (главный вид с разрезом по осям валов).

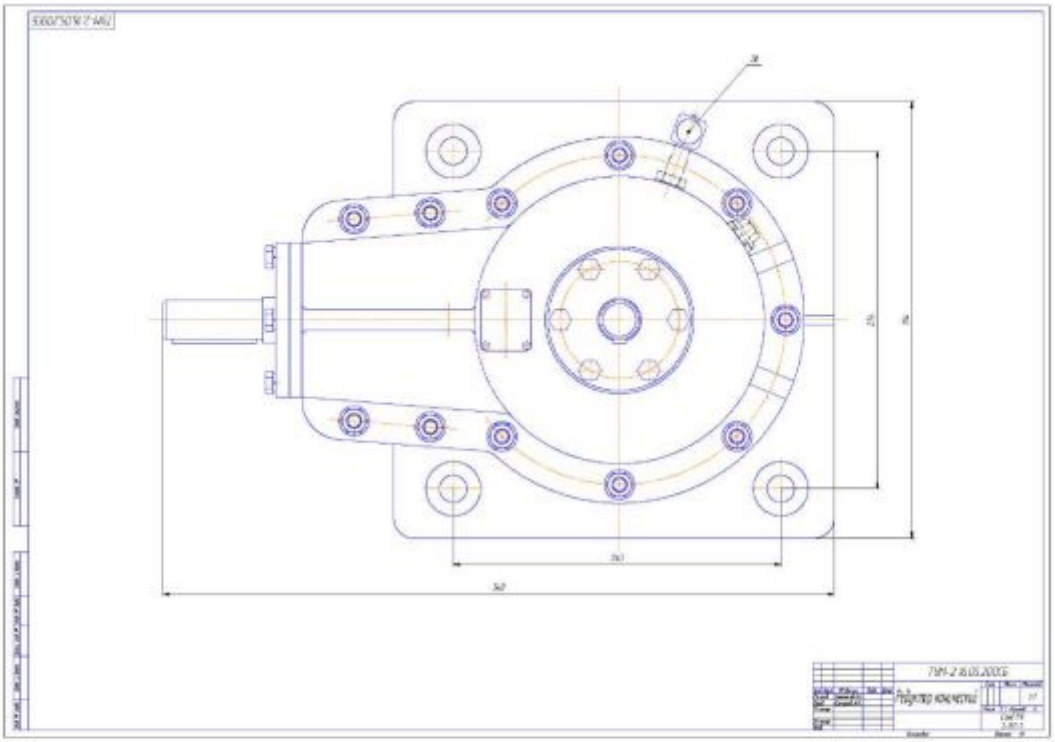


Рис. П.99. Пример сборочного чертежа одноступенчатого конического редуктора типа $К_Т$ (вид сверху).

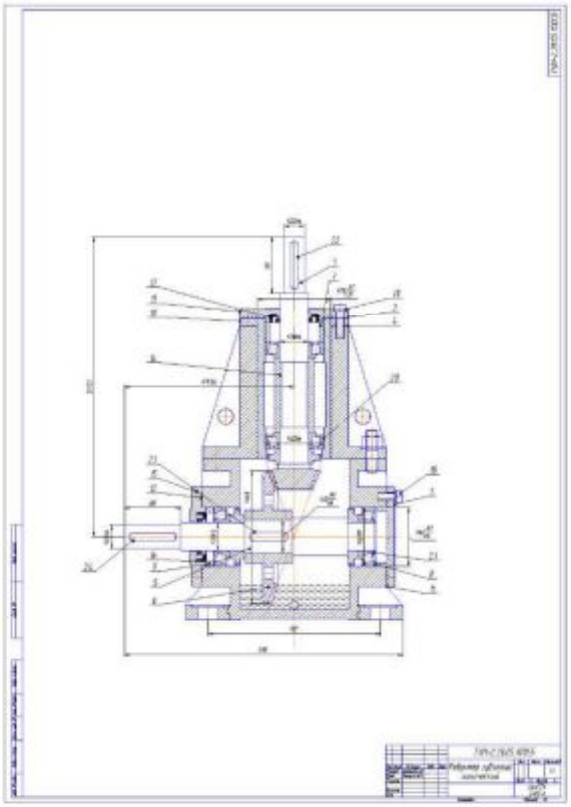


Рис. П.100. Пример сборочного чертежа одноступенчатого конического редуктора типа $К_Б$ (главный вид с разрезом по осям валов).

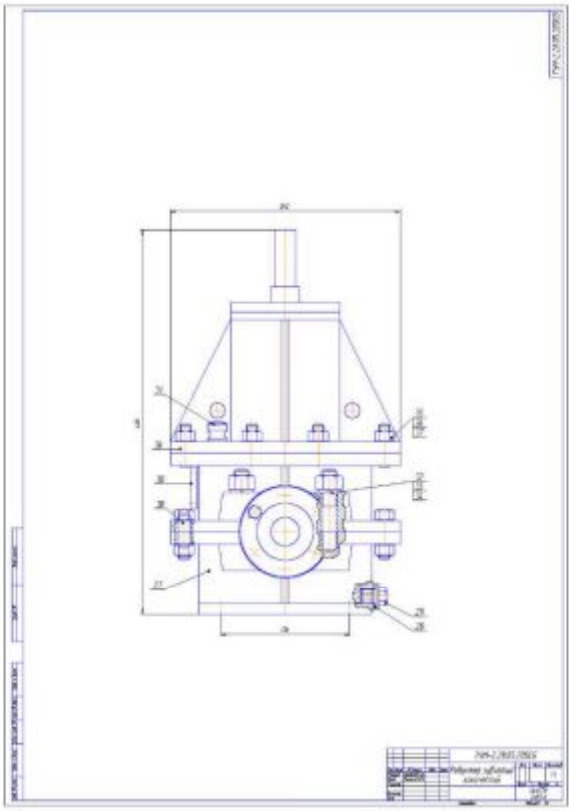


Рис. П.101. Пример сборочного чертежа одноступенчатого конического редуктора типа $К_Б$ (вид сбоку).

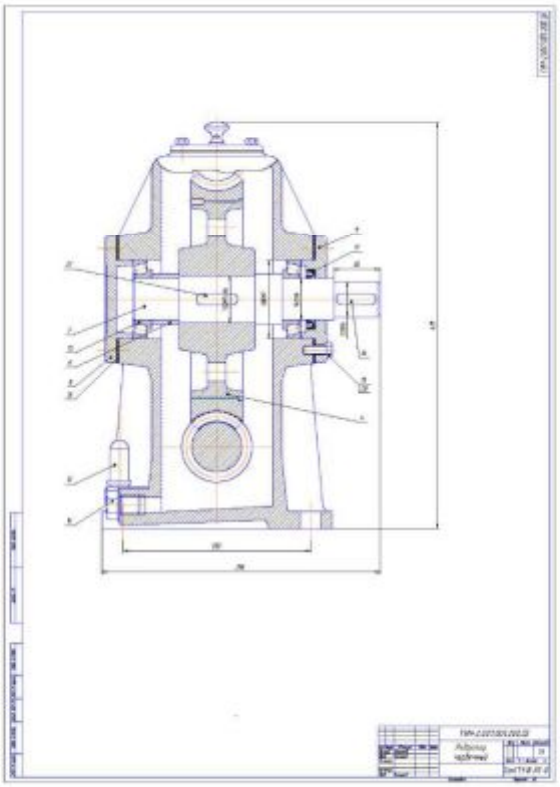


Рис. П.102. Пример сборочного чертежа червячного редуктора (вид сбоку).

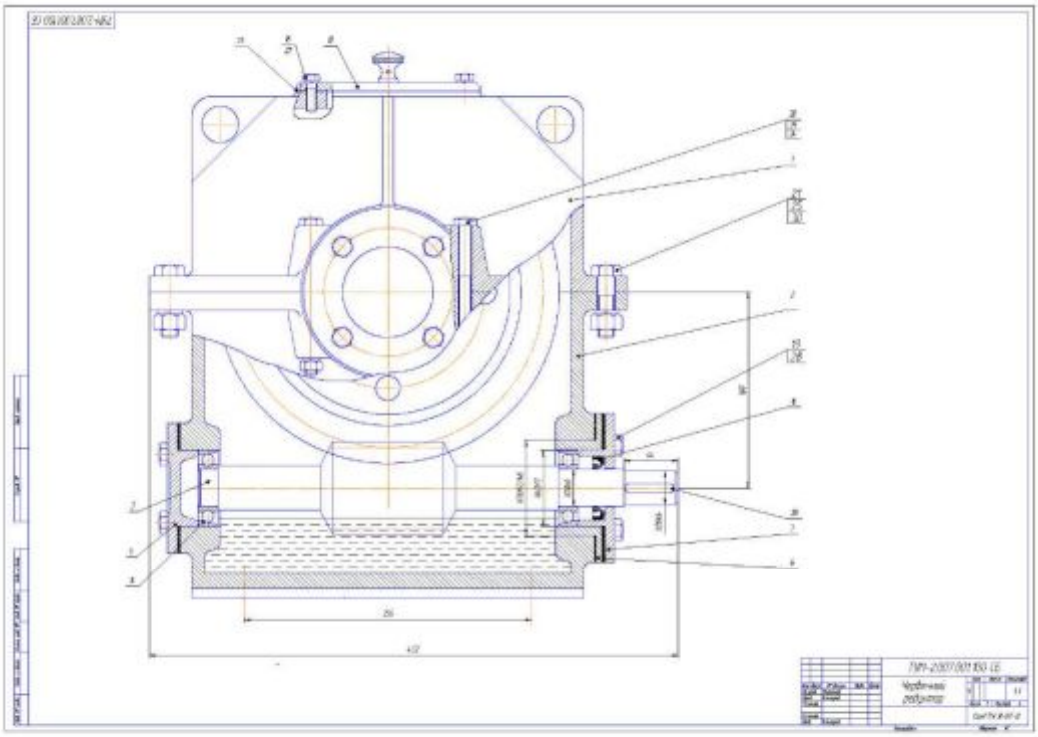


Рис. П.103. Пример сборочного чертежа червячного редуктора (главный вид).

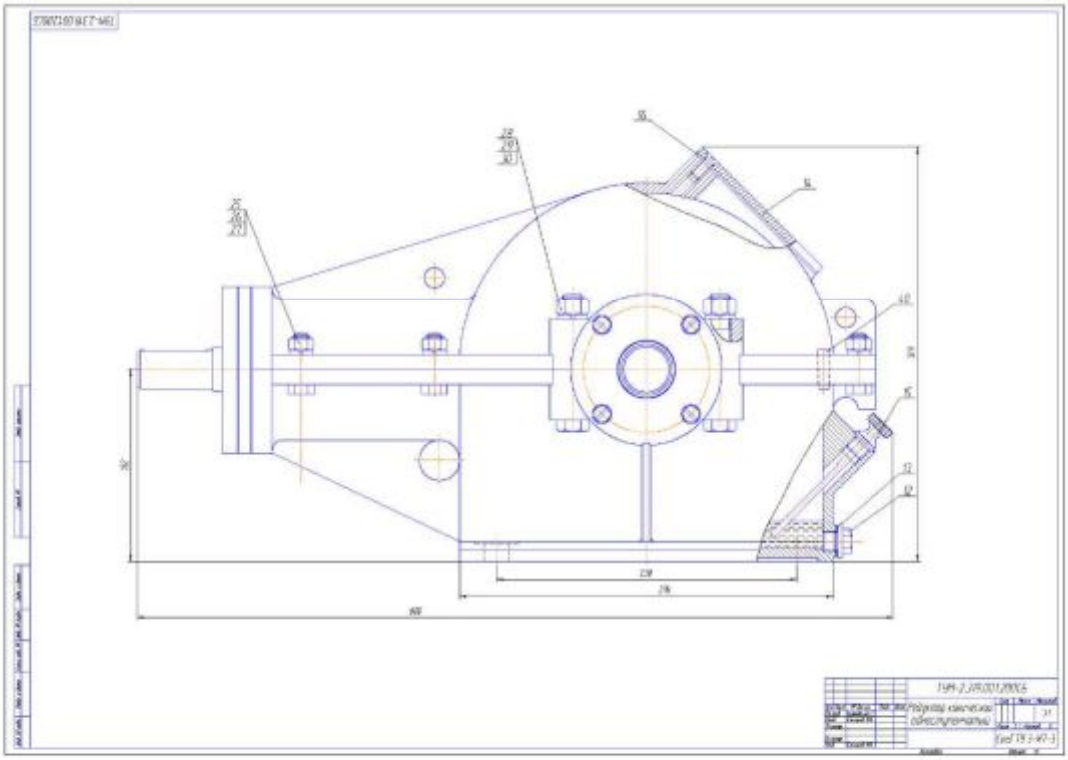


Рис. П.104. Пример сборочного чертежа конического редуктора (главный вид).

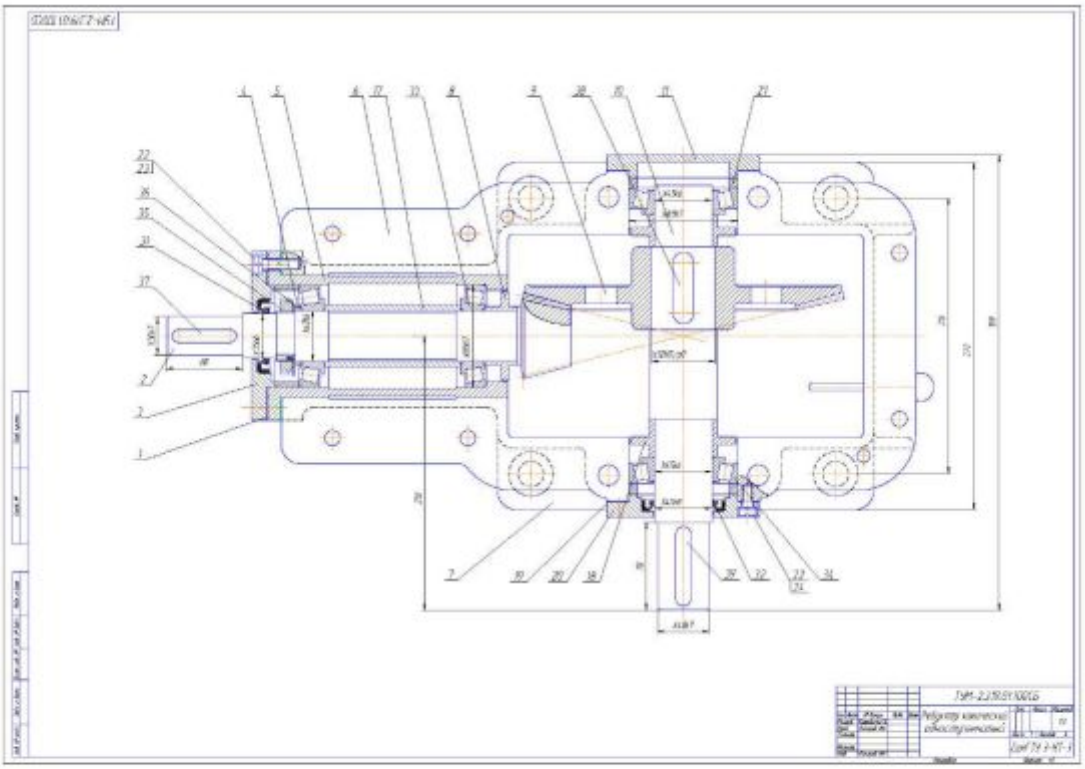


Рис. П.105. Пример сборочного чертежа конического редуктора (вид сверху без крышки).

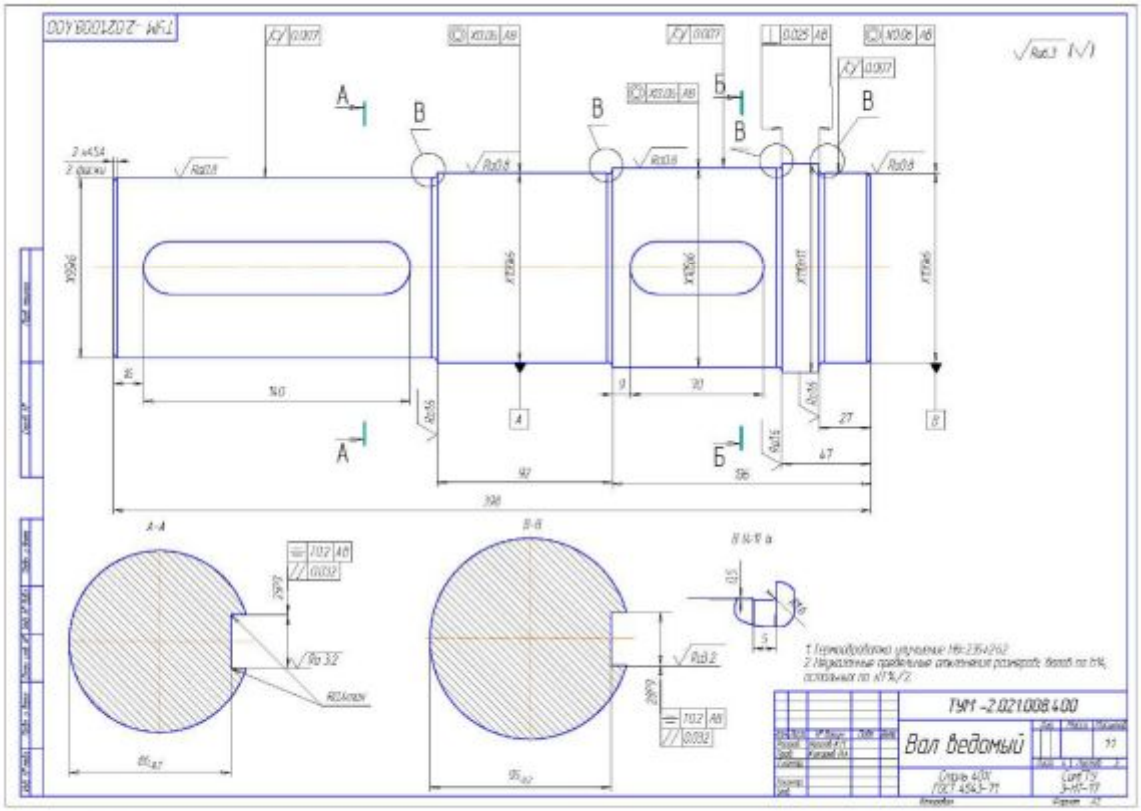


Рис. П.106. Пример рабочего чертежа вала.

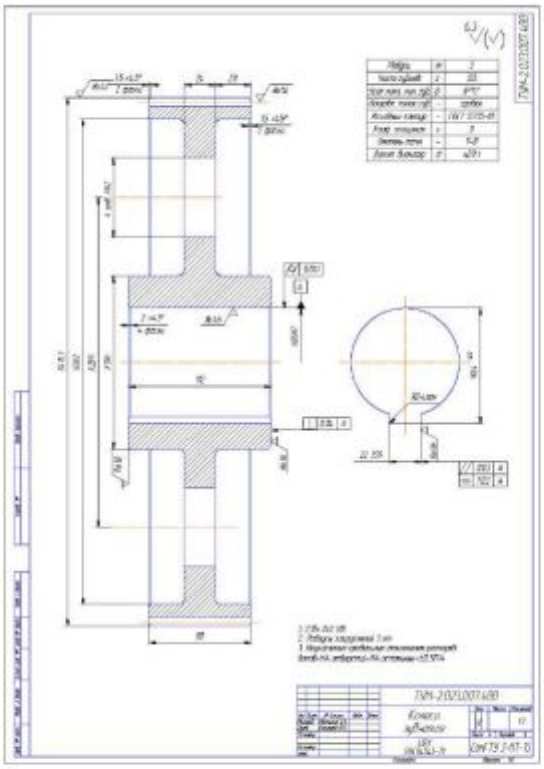


Рис. П.107. Пример рабочего чертежа зубчатого цилиндрического колеса.

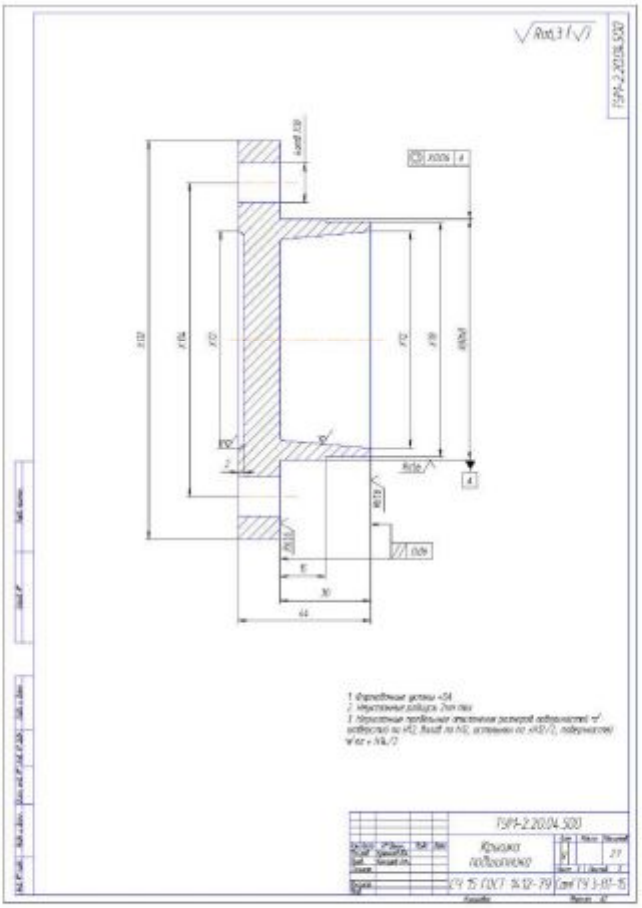


Рис. П.108. Пример рабочего чертежа крышки подшипника.

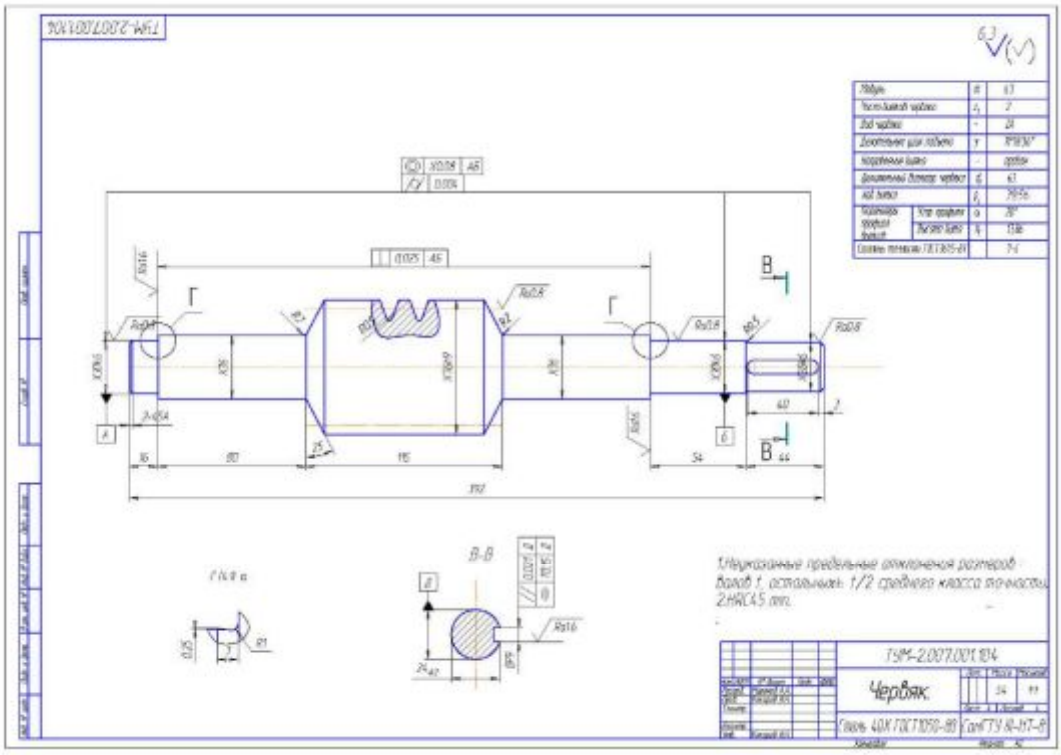


Рис. П.109. Пример рабочего чертежа червячного вала.

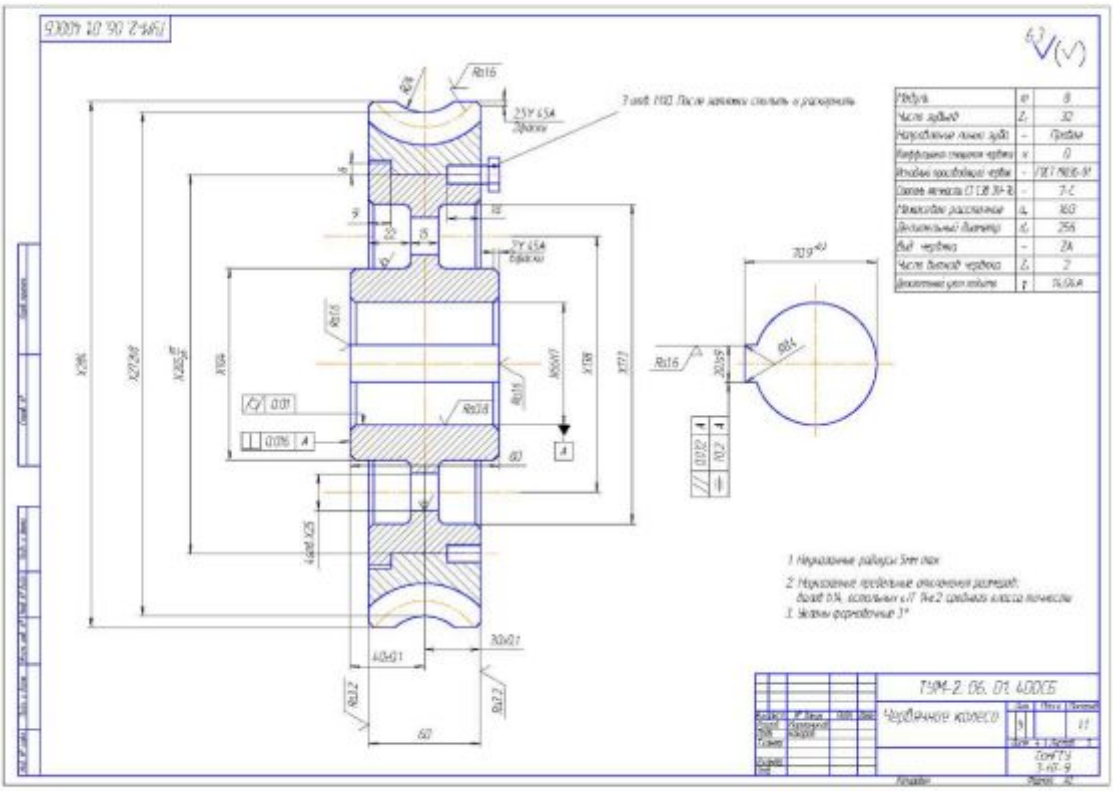


Рис. П.110. Пример рабочего чертежа червячного колеса.

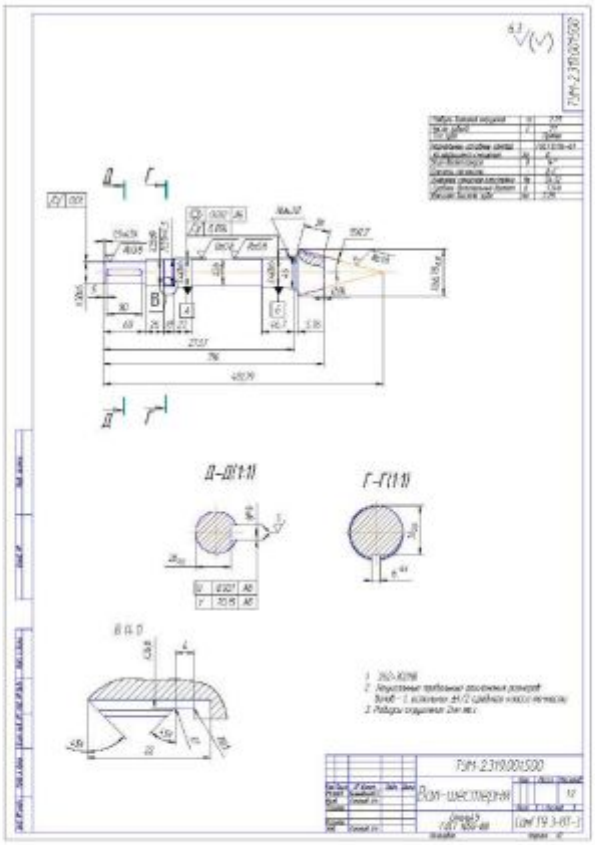


Рис. П.111. Пример рабочего чертежа вал – шестерни конической.

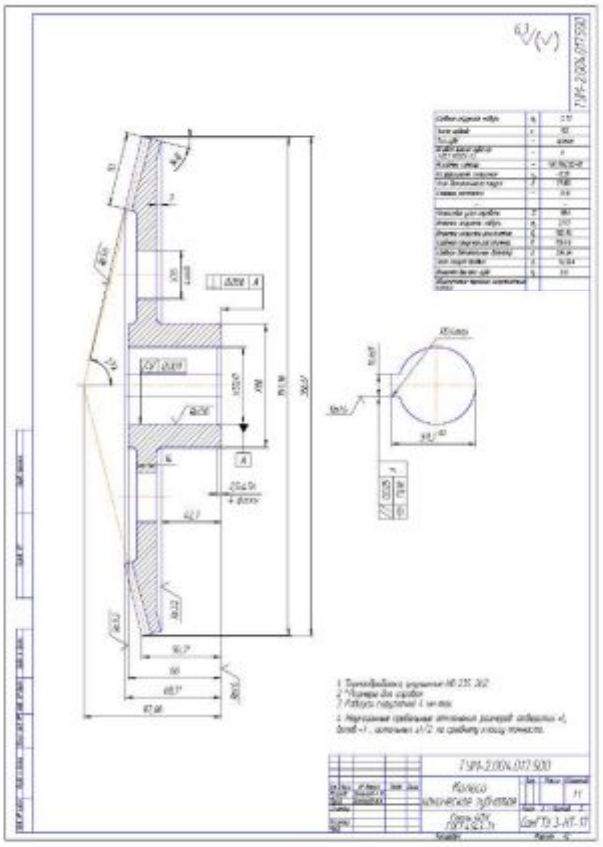


Рис. П.112. Пример рабочего чертежа зубчатого конического колеса.