

Кафедра «Машиноведение и детали машин»

И. В. Швец

РАЗРАБОТКА СБОРОЧНОГО ЧЕРТЕЖА ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО РЕДУКТОРА

Пособие

для студентов специальностей

1-36 01 01 «Технология машиностроения»,
1-36 01 02 «Материаловедение в машиностроении»,
1-36 01 03 «Технологическое оборудование машиностроительного
производства», 1-36 01 05 «Машины и технология обработки
материалов давлением», 1-36 01 06 «Оборудование и технология
сварочного производства», 1-43 01 01 «Электрические станции»,
1-43 01 02 «Электроэнергетические системы и сети»,
1-43 01 03 «Электроснабжение», 1-43 01 04 «Тепловые
электрические станции», 1-43 01 05 «Промышленная
теплоэнергетика», 1-43 01 08 «Проектирование и эксплуатация
атомных электрических станций», 1-43 01 09 «Релейная защита
и автоматика», 1-55 01 03 «Компьютерная мехатроника»

*Рекомендовано учебно-методическими объединениями по образованию
в областях машиностроительного оборудования и технологий
и энергетики и энергетического оборудования*

Минск
БНТУ
2023

УДК 444.4:621.833.1.061.1(075.8)

ББК 34.446я6

ШЗ5

Р е ц е н з е н т ы:

кафедра «Механика материалов и детали машин» БГАТУ
(зав. кафедрой, канд. техн. наук, доцент *В. Н. Еднач*);
доцент кафедры «Материаловедение и проектирование
технических систем» БГТУ, канд. техн. наук *С. Е. Бельский*

Швец, И. В.

ШЗ5 Разработка сборочного чертежа цилиндрического редуктора : пособие для студентов специальностей 1-36 01 01 «Технология машиностроения», 1-36 01 02 «Материаловедение в машиностроении», 1-36 01 03 «Технологическое оборудование машиностроительного производства», 1-36 01 05 «Машины и технология обработки материалов давлением», 1-36 01 06 «Оборудование и технология сварочного производства», 1-43 01 01 «Электрические станции», 1-43 01 02 «Электроэнергетические системы и сети», 1-43 01 03 «Электро-снабжение», 1-43 01 04 «Тепловые электрические станции», 1-43 01 05 «Промышленная теплоэнергетика», 1-43 01 08 «Проектирование и эксплуатация атомных электрических станций», 1-43 01 09 «Релейная защита и автоматика», 1-55 01 03 «Компьютерная мехатроника» / И. В. Швец. – Минск : БНТУ, 2023. – 44 с.

ISBN 978-985-583-850-1.

Пособие предназначено для студентов, изучающих курсы прикладной механики, механики, деталей машин и выполняющих курсовые проекты по данным дисциплинам. В нем подробно описаны этапы разработки разреза по плоскости разъема одноступенчатых цилиндрических редукторов с горизонтальным расположением валов.

Приведены необходимые справочные данные, рисунки сопровождаются лаконичным текстом, что позволяет сократить время на поиск справочной информации и выполнение расчетов при разработке конструкции.

Пособие может быть полезно лицам, изучающим прикладную механику, механику и детали машин самостоятельно или обучающимся на заочных отделениях вузов, а также иностранным студентам, осваивающим дисциплины на русском языке.

УДК 444.4:621.833.1.061.1(075.8)

ББК 34.446я6

ISBN 978-985-583-850-1

© Швец И. В., 2023

© Белорусский национальный
технический университет, 2023

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие.....	4
1. Общие рекомендации.....	5
2. Поэтапные указания по выполнению разреза редуктора. Эскизный проект.....	6
3. Изображение разрезов редуктора	42
Литертура	44

ПРЕДИСЛОВИЕ

Это пособие предназначено для студентов, изучающих учебные дисциплины «Детали машин», «Основы проектирования и детали машин», «Прикладная механика», «Механика» по программам, утвержденным Министерством образования Республики Беларусь для высших учебных заведений.

Изучение основ расчета и конструирования деталей машин делится на два этапа. На первом этапе изучается теоретический курс, а на втором выполняется курсовой проект с последующей его защитой. Курсовой проект по деталям машин – это комплексная расчетно-конструкторская разработка, состоящая из нескольких этапов: предварительных расчетов, эскизного проекта, проверочных расчетов, технических чертежей, оформления пояснительной записки.

Пособие предназначено для выполнения первой графической части: эскизного проекта (иногда эскизной компоновки), к которой студенты приступают после выполнения предварительных расчетов. В нем взаимосвязано и последовательно изложены этапы проектирования, что является важным для студентов, выполняющих первую в своей практике комплексную расчетно-конструкторскую разработку.

В процессе курсового проектирования студенты впервые знакомятся с методами и приемами конструирования, получают навыки самостоятельной работы со справочной и нормативно-технической литературой при разработке и оформлении конструкторской (графической и текстовой) документации. Выполняемый проект направлен также на развитие способности критической оценки различных вариантов конструкций и выбора наилучшего (оптимального) и навыков при решении различных многовариантных задач, которые имеют место в повседневной инженерной деятельности.

1. ОБЩИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

На основании расчетов, перечень и содержание которых указаны в задании на курсовое проектирование, определяется конструкция устройства и разрабатывается общий вид изделия в виде эскизной проработки. Эскизный проект представляет собой предварительное проектирование с целью установления принципиальных конструктивных и технологических решений по изделию. К эскизному проекту можно приступить после выполнения кинематических и проектировочных расчетов, из которых должны быть определены геометрические параметры всех передач, предварительные диаметры валов, выбраны муфты, подшипники и схемы их установки, сделан выбор смазывания зацепления и подшипников и рассчитаны основные размеры корпусных деталей.

На чертежах эскизного проекта допускается схематическое изображение отдельных узлов. В случае повторения элементов конструкции в нескольких местах достаточно разработать их конструктивно более подробно в одном месте, а в остальных – показать только контурно, давая привязку. *Штриховать детали, попавшие в разрез, в эскизном проекте не обязательно.*

Эскизный вариант общего вида устройства рекомендуется выполнять на миллиметровой бумаге в масштабе 1:1, так как такое изображение дает более четкое представление о конструкции, пропорциях, взаимной увязке различных элементов.

Эскизный проект, дающий в достаточном и необходимом объеме представление о конструктивной сущности проектируемого изделия и ее техническое обоснование, служит на следующей стадии основой для разработки технического проекта и рабочей конструкторской документации.

В данном пособии рассматривается изображение разреза по плоскости разъема одноступенчатого цилиндрического редуктора с горизонтальным расположением валом, на котором все валы позиционируются в одной плоскости. Для данного типа редукторов такой разрез является истинным изображением, т. к. при этом размеры корпуса во всех направлениях будут действительными. Такой разрез позволяет проработать конструкции валов, расположенных на них деталей, подшипниковых узлов, элементов корпуса, крышек, уплотнений и т. д.

2. ПОЭТАПНЫЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РАЗРЕЗА РЕДУКТОРА. ЭСКИЗНЫЙ ПРОЕКТ

Выполнение эскизной компоновки начинается с выбора положения осевых линий валов в соответствии с расчетными межосевыми расстояниями.

В зависимости от выданной в задании на курсовое проектирование схемой определяем расположение межосевых линий и средней линии зацепления C на миллиметровке, в соответствии с рис. 2.1–2.4 (размеры указаны в миллиметрах).

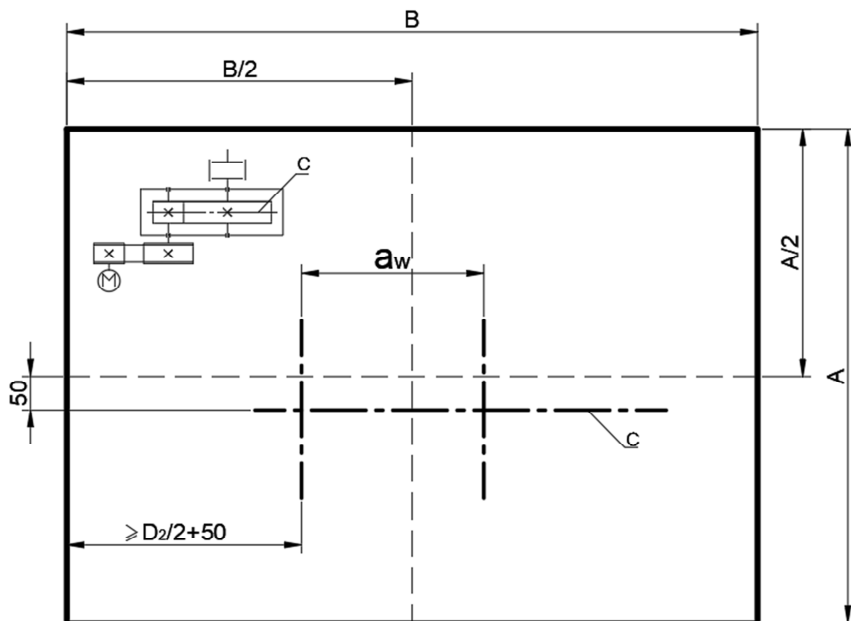


Рис. 2.1. Расположение межосевых линий и средней линии зацепления в приводе с одноступенчатым цилиндрическим редуктором и открытой ременной передачей

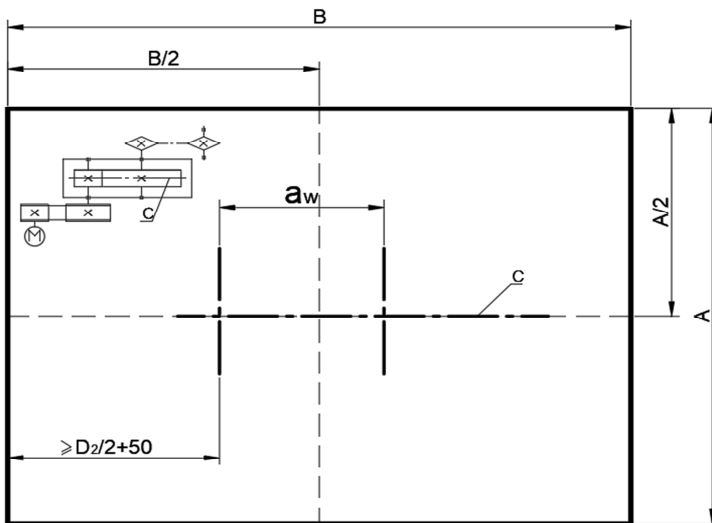


Рис. 2.2. Расположение межосевых линий и средней линии зацепления в приводе с одноступенчатым цилиндрическим редуктором и открытыми ременной и цепной передачами

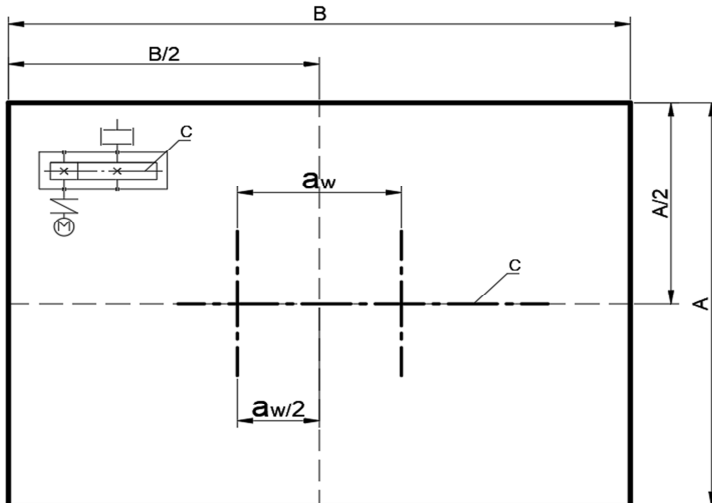


Рис. 2.3. Расположение межосевых линий и средней линии зацепления в приводе с одноступенчатым цилиндрическим редуктором без открытых передач

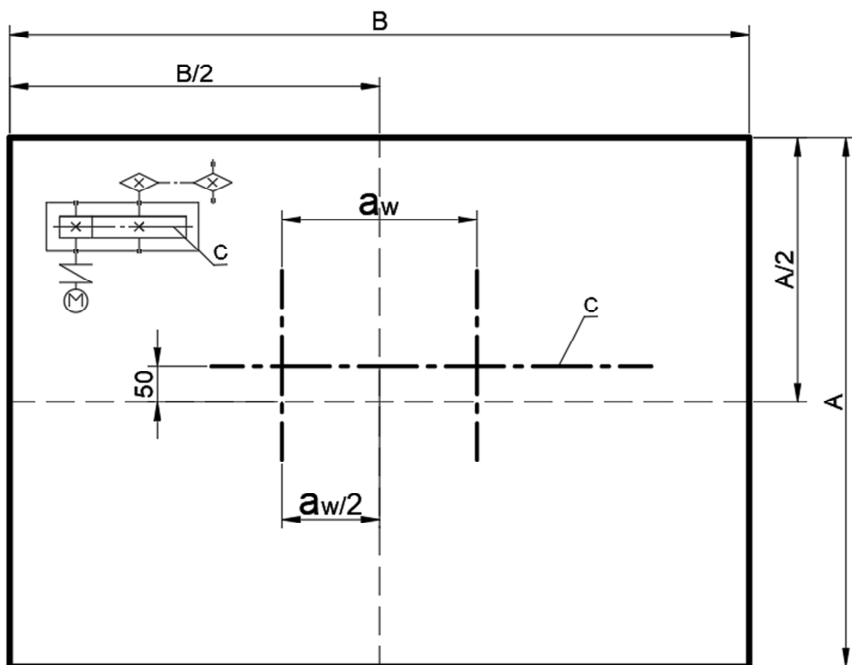


Рис. 2.4. Расположение межосевых линий и средней линии зацепления в приводе с одноступенчатым цилиндрическим редуктором и открытой цепной передачей

Далее прочерчивается зубчатое зацепление на основании размеров, полученных в расчетах передач. Проводится штрихпунктирная линия, соответствующая делительным диаметрам шестерни и колеса (рис. 2.5). Для этого проводим линию 1 на расстоянии от оси шестерни $d_1 / 2$. Далее вычерчиваем основную линию 2 (вершина зубьев шестерни) и штриховую 3 (вершина зубьев колеса) на расстояние модуля m . Линии 4 и 5 соответствуют впадинам зубьев шестерни и колеса. Проводим их на величину зазора от линий 2 и 3 на расстоянии $0,25m$. Линии $1, 2, 4$ относятся к шестерне и ограничены ее шириной b_1 , линии $1, 3, 5$ принадлежат венцу зубчатого колеса, шириной b_2 . Линия 1 (делительный диаметр) является общей для шестерни и колеса. Ее длина должна быть на $2-3$ мм больше с каждой из боковых сторон шестерни.

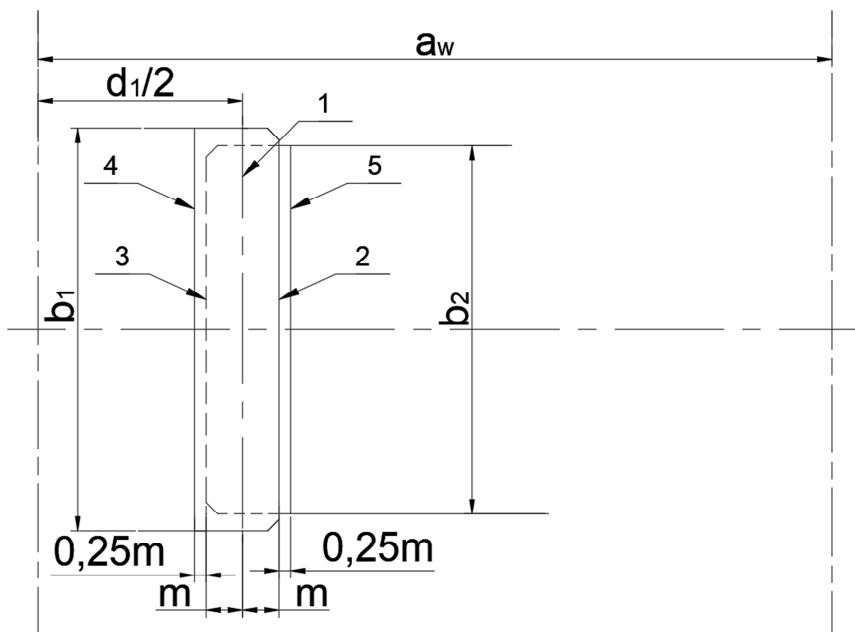


Рис. 2.5. Зацепление цилиндрических зубчатых колес

Далее прочерчиваем диаметр вершин d_{a1} и делительный диаметр шестерни d_1 , для этого зеркально линиям 1 и 2 (рис. 2.5) проводим отрезки относительно осевой линии шестерни, соответствующие делительному диаметру и диаметру вершин. Затем необходимо определить – чертим вал-шестерню (рис. 2.6) или насадную шестерню (рис. 2.7). Конструкция выбирается в зависимости от параметра $g_1 = g_{\min}$, зависящего от модуля передачи m (табл. 2.1). Размер посадочного диаметра подшипника на быстроходном валу $d_{п1}$ был определен в предварительных расчетах, а диаметр участка вала под шестерней $d_{к1} = d_{п1} + 2$ мм.

Таблица 2.1

m	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0	6,0
g_{\min}	4,0m	3,8m	3,5m	3,3m	3,0m	2,8m	2,5m

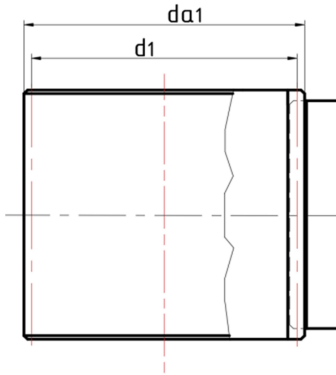


Рис. 2.6. Изображение вал-шестерни

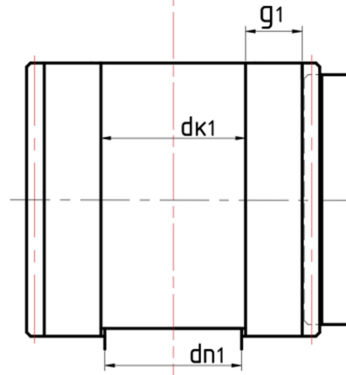


Рис. 2.7. Изображение насадной шестерни

Далее последовательно начинаем прочерчивать венец g (линия 1), посадочный диаметр d_k (линия 2), диаметр ступицы $d_{ст}$ (линия 3) и среднюю часть c (линия 4) зубчатого колеса (рис. 2.8).

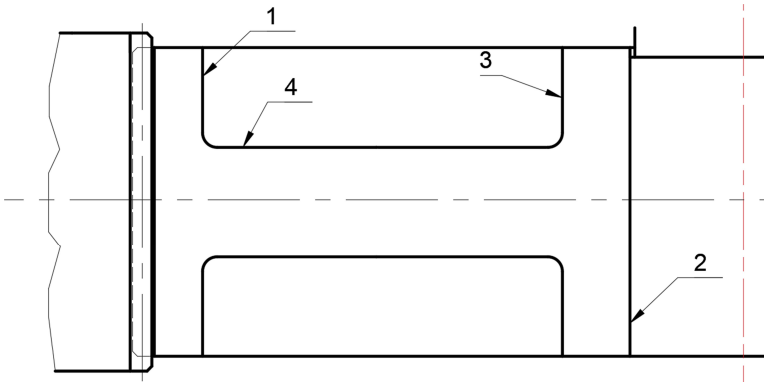


Рис. 2.8. Конструкция цилиндрического зубчатого колеса

Рассмотрим штампованные зубчатые колеса. Выполняем расчеты параметров колеса [1, с. 139]:

$$g = (2,0-3,0)m \geq 10 \text{ мм (рис. 2.9);}$$

$$c = (0,35-0,4)b_2 \geq 10 \text{ мм (рис. 2.10).}$$

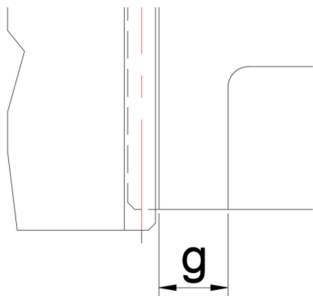


Рис. 2.9. Венц зубчатого колеса

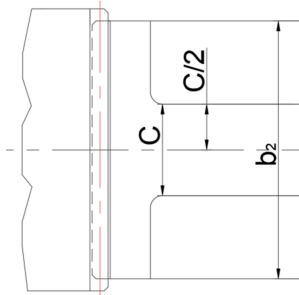


Рис. 2.10. Средняя часть зубчатого колеса

Знак неравенства в формулах означает, что если рассчитанное значение получилось менее 10 мм, то принимаем размер параметра равным 10 мм. Если более, то полученное значение принимается округленным до целого.

Далее рассчитываем диаметр ступицы $d_{ст} = 1,6d_k$. Размер посадочного диаметра подшипника на тихоходном валу $d_{п}$ был определен в предварительных расчетах, а диаметр участка вала под колесом $d_k = d_{п} + 2$ мм. Перепад диаметра вала (линия *A*) заглублен в ступицу на 1–2 мм, чаще всего, со стороны выходного конца вала (рис. 2.11).

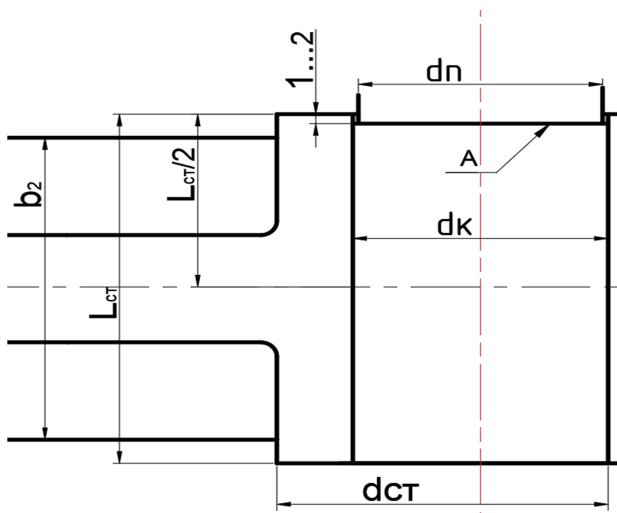


Рис. 2.11. Ступица зубчатого колеса *1*

При расчете интервала длины ступицы $L_{ст} = (1,0-1,6)d_k$ следует обратить внимание на то, что если минимальное значение $L_{ст}$ получилось менее b_2 , то принимают $L_{ст} = b_2$ (рис. 2.12). В остальных случаях можно принять любую целую длину из интервала, причем, т. к. конструируем колесо одноступенчатого редуктора, рекомендуется выбирать симметричную ступицу (рис. 2.11).

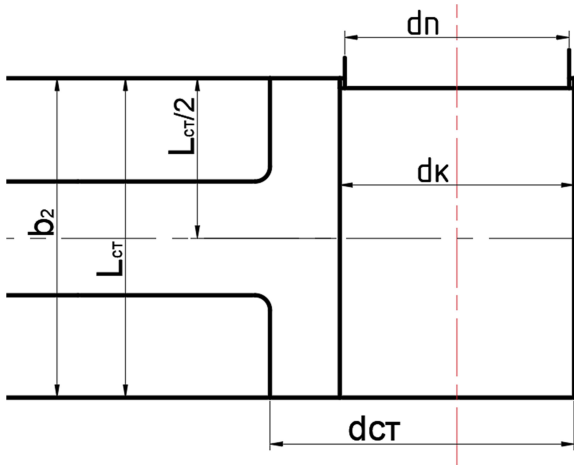


Рис. 2.12. Ступица зубчатого колеса 2

Если диаметр вершин зубчатого колеса d_{a2} превышает 150 мм, то рекомендуется предусмотреть в средней части отверстия для облегчения колеса (рис. 2.13). Рассчитываются диаметр расположения отверстий $D_{отв}$ и диаметр отверстий $d_{отв}$ (округляются до целых значений):

$$D_{отв} = 0,5(d_f - 2g + d_{ст});$$

$$d_{отв} = (0,35-0,4)(d_f - 2g - d_{ст}).$$

В продолжении вычерчивается колесо полностью. Для этого проводятся отрезки зеркально линиям 1, 3, 5 (рис. 2.5), затем так же достраиваются остальные части колеса (рис. 2.14).

Далее прочерчивается внутренняя поверхность стенки редуктора. Для этого необходимо отложить от наиболее выступающей части каждой из сторон зацепления расстояние $C = (1-1,2)\delta$ и провести линии (рис. 2.15).

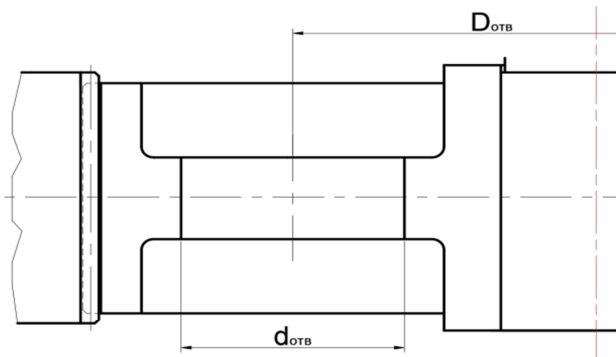


Рис. 2.13. Отверстия для для облегчения колеса

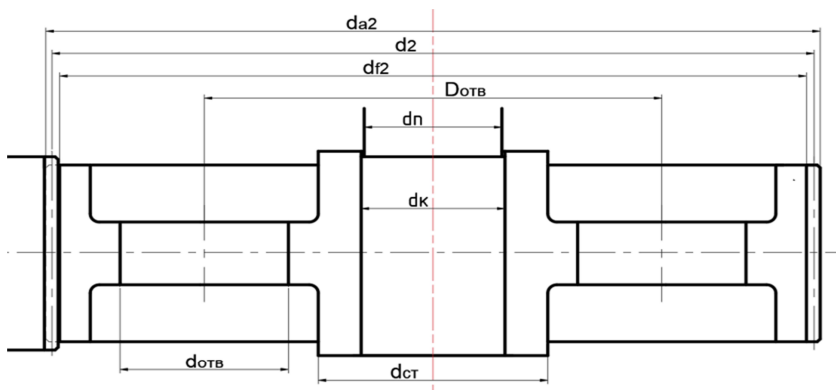


Рис. 2.14. Зубчатое колесо

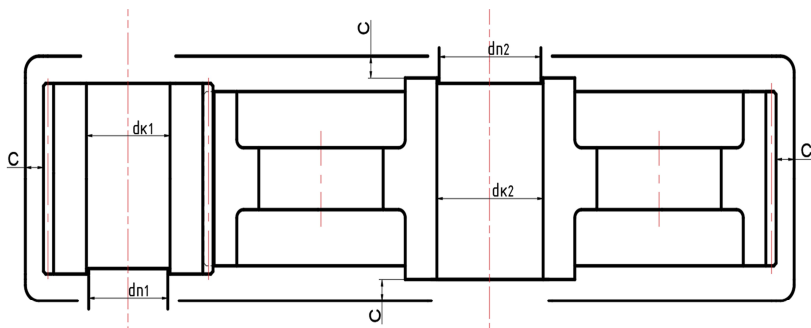


Рис. 2.15. Внутренняя поверхность стенки горизонтального редуктора

Затем приступаем к установке подшипников (размер и тип определены в предварительных расчетах). Для этого необходимо учитывать материал для смазывания подшипников, который выбирали в зависимости от окружной скорости вращения колес, полученной в проверочном расчете контактных напряжений для определения степени точности передачи. При картерной смазке колес (рассматриваемый случай) и скорости более 2 м/с подшипники смазываются брызгами масла, стекающими с колес, стенок и валов. В этом случае от внутренней поверхности стенки редуктора наружу откладываем 3–5 мм и прочерчиваем габаритные размеры D , d , B ранее принятых подшипников, согласно размерам из справочных источников (рис. 2.16).

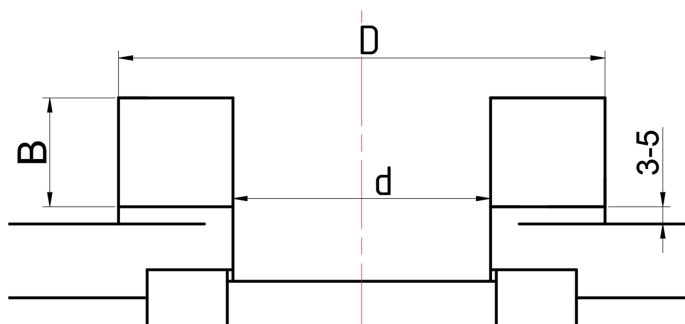


Рис. 2.16. Установка подшипника

Далее чертим попарно остальные подшипники на быстроходном и тихоходном валах (рис. 2.17).

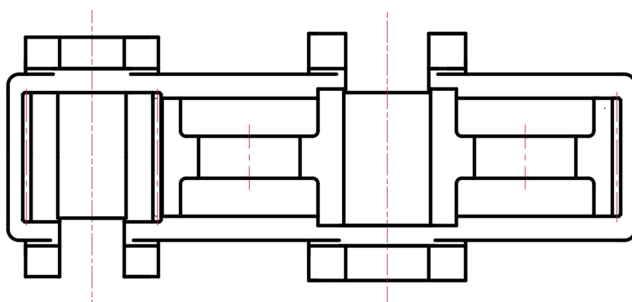


Рис. 2.17. Опоры валов

Если после вычерчивания наружного диаметра подшипника D на быстроходном валу оказалось, что расстояние от подшипника до наружной поверхности стенки (линия B) менее 3–5 мм, то внутренняя поверхность стенки отодвигается до линии A (рис. 2.18).

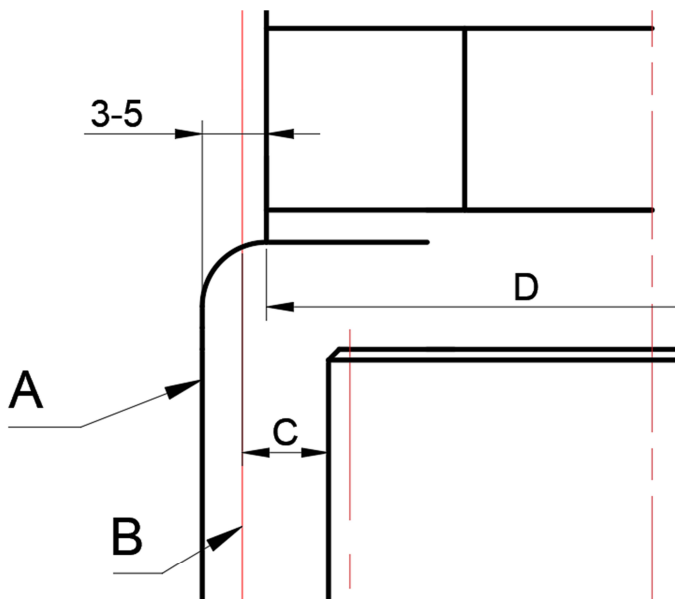


Рис. 2.18. Изображение внутренней поверхности стенки редуктора

Если в редукторе используются косозубые колеса и зацепление находится напротив тел качения, происходит чрезмерная заливка подшипников маслом. В таком случае на быстроходном валу устанавливают маслоотражательные кольца [2, с. 167].

При применении для смазывания подшипников пластичных смазок с внутренней стороны корпуса перед подшипником необходимо установить мазеудерживающее кольцо, которое, благодаря кольцевым канавкам на наружной поверхности, с помощью центробежных сил будет отбрасывать масло, не позволяя вымывать пластичную смазку, заложенную при сборке в подшипниковые камеры (рис. 2.19). Построение такого узла начинается с того, что от внутренней поверхности стенки редуктора наружу откладываем 7 мм и прочерчиваем габаритные размеры D , d , B ранее принятых подшипников,

согласно размерам из справочных источников (рис. 2.19). Затем перед подшипником вычерчиваем мазеудерживающее кольцо, выступающее внутрь корпуса на 1–2 мм, согласно рекомендациям на рис. 2.19, 2.20. Наружный диаметр D_k несколько меньше отверстия под подшипник D , но ввиду малости зазора, можно изображать эти диаметры одинаковыми. Также размер h_k можно предварительно принять 5 мм (в действительности его принимают равным толщине внутреннего кольца подшипника (пока не прочерчен)).

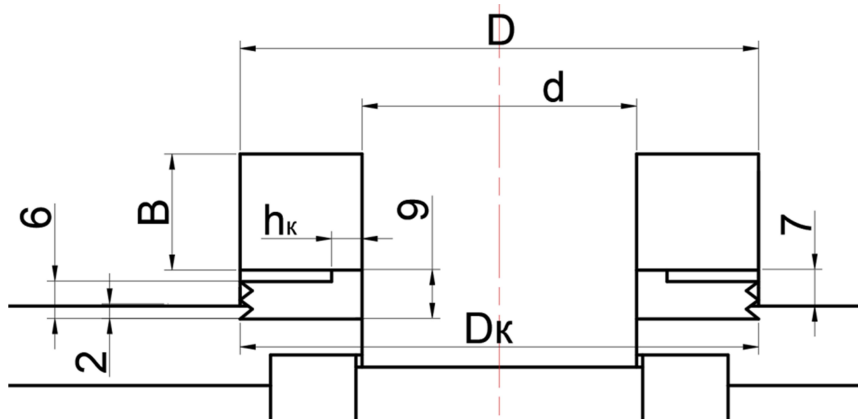


Рис. 2.19. Установка мазеудерживающего кольца

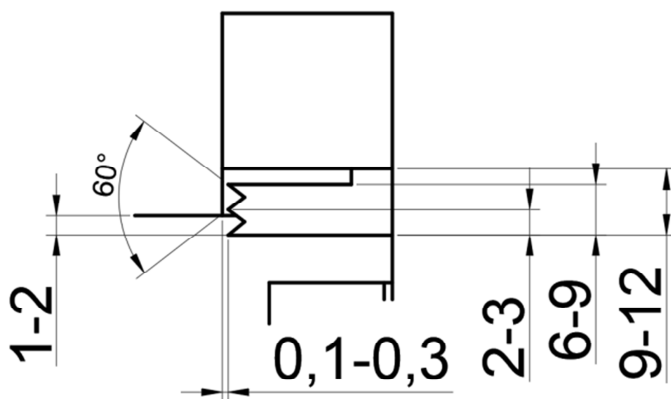


Рис. 2.20. Мазеудерживающее кольцо

Далее чертим попарно остальные подшипники и мазедерживающие кольца на быстроходном и тихоходном валах (рис. 2.21).

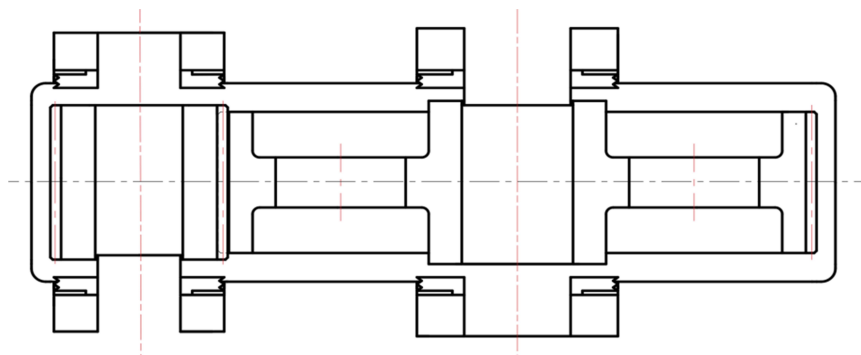


Рис. 2.21. Изображение в редукторе опор с мазедерживающими кольцами

Затем прочерчиваем наружную поверхность стенки редуктора. Для этого откладываем от внутренней поверхности толщину стенки δ , ранее посчитанную в корпусных деталях редуктора, и проводим штриховую линию от подшипника до подшипника по периметру (рис. 2.22). Углы скругляем (литейный радиус $R_1 = 3-5$ мм, соответственно, $R_2 = R_1 + \delta$), т. к. корпус отливается в песчаных формах из чугуна (рис. 2.23) (рассматриваемый в данном примере вариант изготовления корпуса редуктора).

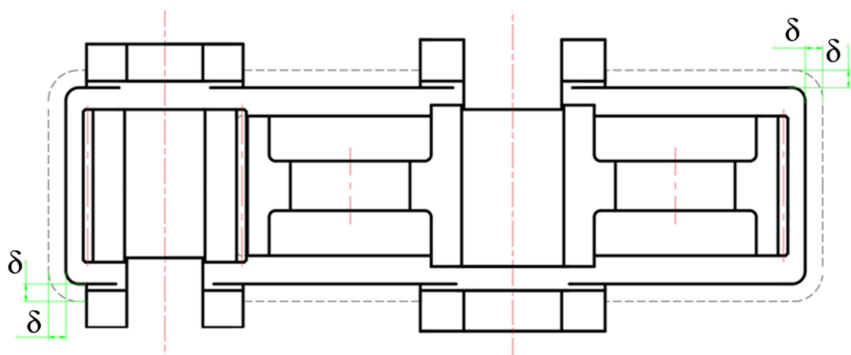


Рис. 2.22. Изображение стенки в редукторе

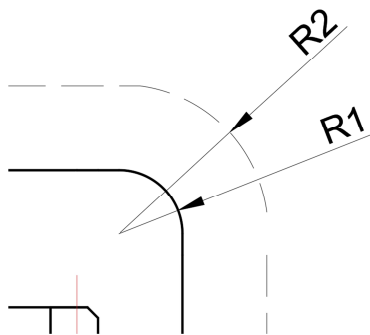


Рис. 2.23. Радиусы скругления

На эскизной компоновке допускается частичное изображение некоторых узлов (в частности, стандартных), поэтому детали подшипника будем упрощенно изображать с одной стороны, а с другой – используем схематическое обозначение. Определим геометрические соотношения шариковых радиальных (рис. 2.24) и радиально-упорных (рис. 2.25) подшипников [1, с. 106]:

$$d_{cp} = 0,5(D + d);$$

$$h = 0,5(D - d);$$

$$d_{ш} = (0,55 - 0,63)h;$$

$$s = 0,15d_{ш}.$$

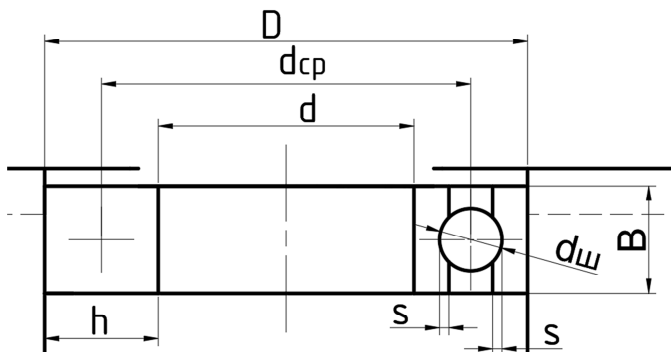


Рис. 2.24. Шариковый радиальный подшипник

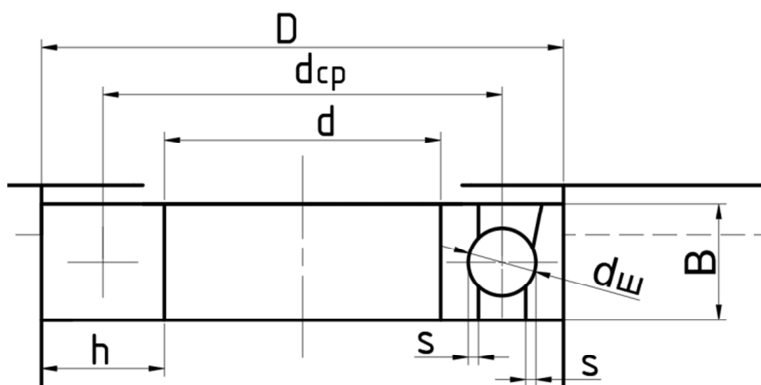


Рис. 2.25. Шариковый радиально-упорный подшипник

Изображение шарикового радиально-упорного подшипника зависит от схемы установки (направление скоса на наружном кольце подшипника) (рис. 2.26).

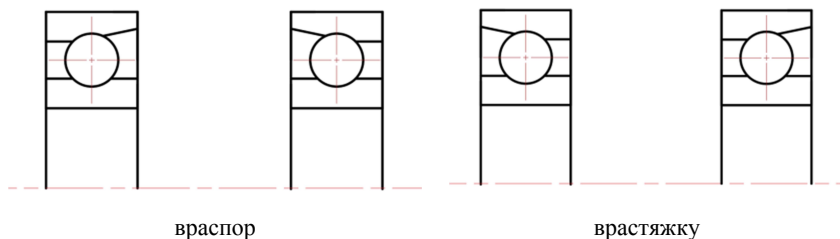


Рис. 2.26. Схемы установки подшипников

Определим геометрические соотношения в роликовых радиальных подшипниках (рис. 27) [1, с. 106]:

$$d_{cp} = 0,5(D + d);$$

$$h = 0,5(D - d);$$

$$d_p = l_p = 0,5h;$$

$$s = (0,1 - 0,12)d_p.$$

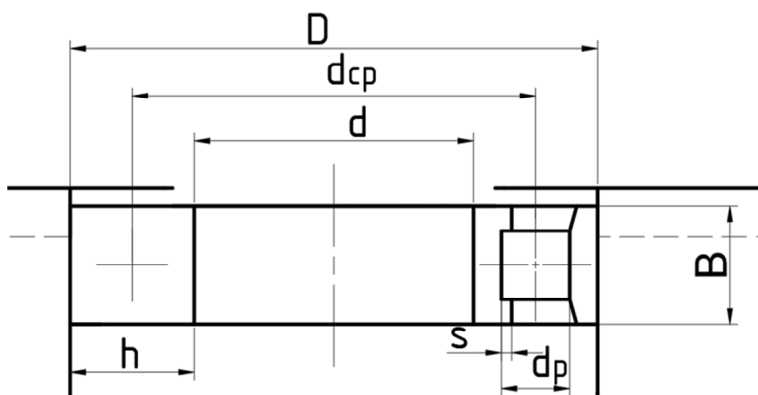


Рис. 2.27. Роликовый радиальный подшипник

Следующим этапом будет вычерчивание крышек подшипников глухих и сквозных. Рассмотрим конструирование глухой накладной крышки (рис. 2.28). Проводим расчеты основных размеров крышки, согласно табл. 2.2 (размеры приведены в миллиметрах).

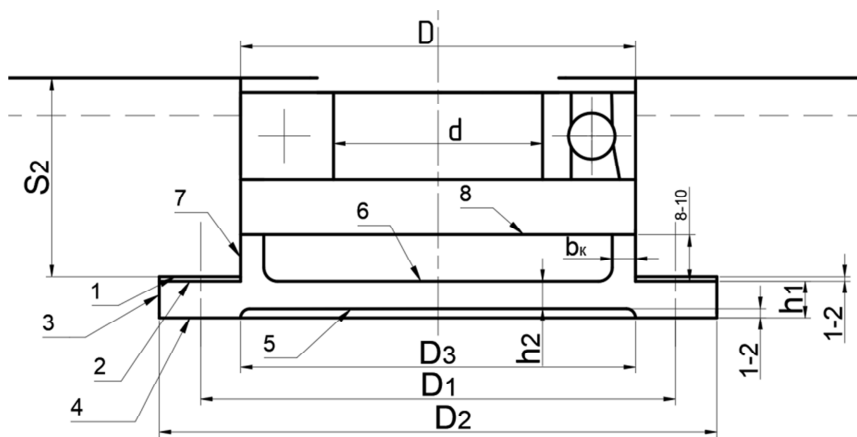


Рис. 2.28. Накладная глухая крышка подшипника

Таблица 2.2

D , мм	d_5	Число болтов Z_5	h_1 , мм	h_2 , мм
40–62	M6*	4	6	5
63–95	M8	4	8	6
96–145	M10	6	10	7
146–220	M12	6	12	8

Примечание: Болты М6 при серийном производстве не используются.

$$D_1 = D + 2,5d_5;$$

$$D_2 = D_1 + 2,0d_5.$$

Затем формируем фланец у подшипников, отложив от внутренней поверхности стенки S_2 (рассчитан в корпусных деталях) (линия 1 (рис. 2.28)). На полученный торец устанавливаются металлические прокладки (набор) для регулировки подшипника (обязательно для радиально-упорных подшипников), заключающейся в осевом перемещении наружного кольца подшипника. Для этого, отступив от полученного торца 1–2 мм, проводим линию 2. Линии 1 и 2 ограничены рассчитанным наружным диаметром крышки D_2 . Затем откладываем толщину фланца крышки h_1 (линия 3) и формируем верхнюю поверхность крышки (линия 4), после изображаем углубление в крышке 1–2 мм диаметром D_3 , примерно равным наружному диаметру подшипника D (линия 5). Далее откладываем толщину крышки h_2 (линия 6). После откладываем посадочную часть крышки 8–10 мм от внутренней поверхности торца крышки (линия 7) и проводим линию 8, формирующую торец крышки. Толщину посадочной части b_k можно предварительно принять 5 мм (в действительности ее принимают равной толщине наружного кольца подшипника (пока не прочерчен)).

Между торцом крышки (линия 8 (рис. 2.28)) и торцом подшипника устанавливаем дистанционное кольцо A (рис. 2.29). Предварительно также толщиной 5 мм.

Если радиальные подшипники используются в качестве опор, то прокладки устанавливать не обязательно (рис. 2.30).

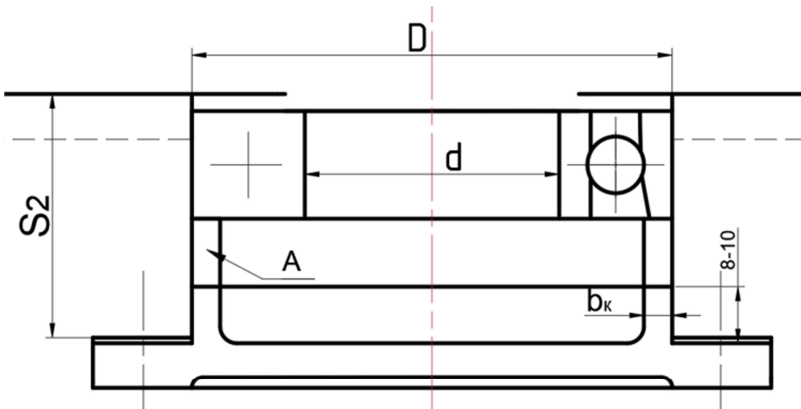


Рис. 2.29. Изображение дистанционного кольца

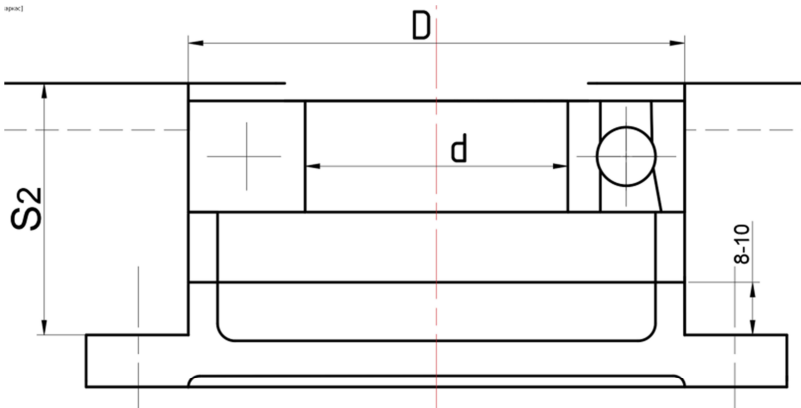


Рис. 2.30. Подшипниковый узел

На выходных концах валов устанавливаются сквозные крышки подшипников. При этом диаметральные размеры D_1 , D_2 , D_3 , толщина фланца крышки h_1 , длина посадочной части, прокладки вычерчиваются как в предыдущем случае. Затем от углубления откладываем 3–5 мм и вычерчиваем манжету шириной b , согласно ГОСТ 8752-79 [1, с. 119] (на рис. 2.31 представлены слева манжета типа 1, справа – типа 2). Также допускается упрощенное комбинированное изображение манжеты, с одной стороны прочерчиваем внутреннюю конструкцию манжеты, а с другой – схематическое изображение (рис. 2.32).

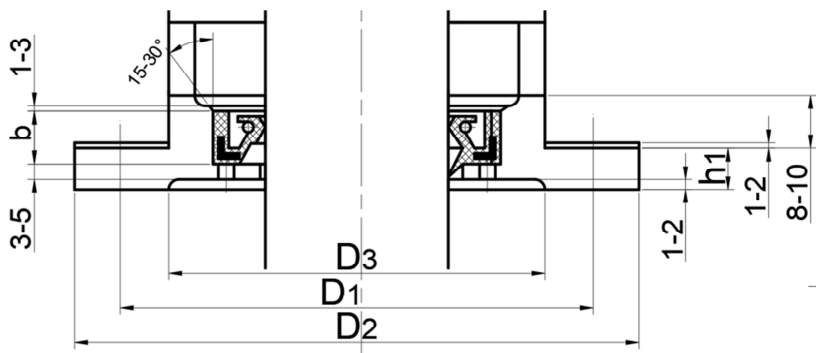


Рис. 2.31. Накладная сквозная крышка подшипника

Затем дополняем место установки манжеты необходимыми элементами: фаской с углом $15-30^\circ$ для облегчения установки манжеты, зазором $d_2 = d_{\text{вала}} + 1-2$ мм, отверстиями (2 или 3 шт.) для выбивки манжеты $d_4 = 3$ мм, расположенных на диаметре $d_3 = D_m - 5$ мм.

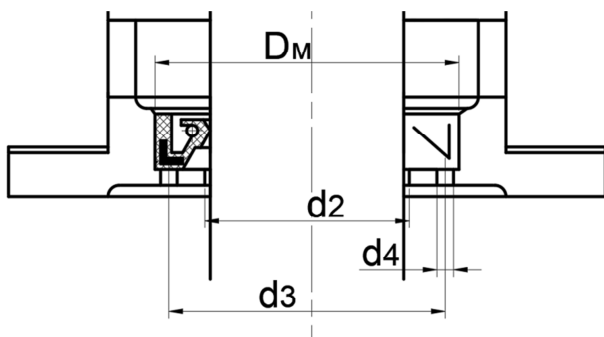


Рис. 2.32. Место установки манжеты

После установки подшипниковых крышек начинаем вычерчивать крепление у подшипников (предварительная установка болтов, возможна коррекция после вычерчивания основных видов корпуса). Рассматриваем вариант с наружными бобышками и креплением болтами (рис. 2.33). Для этого от наружного диаметра подшипника откладываем расстояние $K = 5$ мм и вычерчиваем отверстие под болт, установленный с зазором, $d_{\text{отв}} = d_2 + 2$ мм (причем диаметр отверстия $d_{\text{отв}}$ регламентируется ГОСТ, но на сборочном чертеже

допускается упрощение в виде визуального зазора). Болт устанавливается посередине наружного фланца корпуса у подшипников на расстоянии $P = 0,5(S_2 + \delta)$. Ориентируясь на оси отверстия под болт, вычерчиваем окружность, равную диаметру болта d_2 .

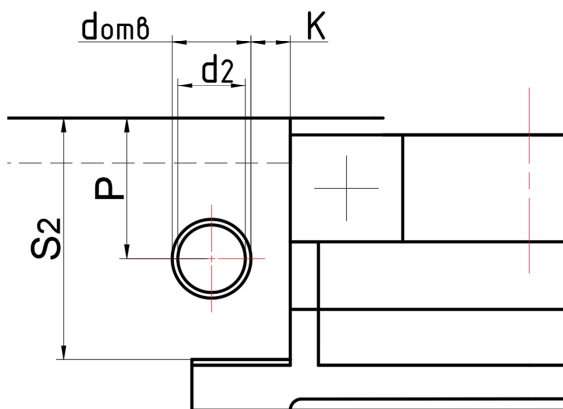


Рис. 2.33. Установка болтов у подшипников

Далее формируем бобышки у подшипников. Откладываем от оси болта расстояние $N = e / 2 + 5$ мм (рис. 2.34), где e – диаметр головки болта d_2 , который выписывается из таблицы стандартных размеров болтов [1, с. 290].

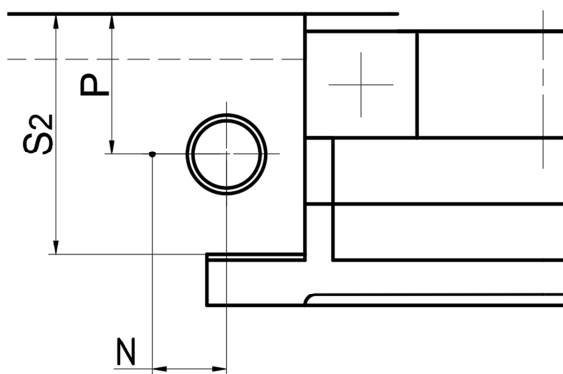


Рис. 2.34. Установка болтов

Через полученную точку проводим *прямую* под углом $3-5^\circ$ (рис. 2.35).

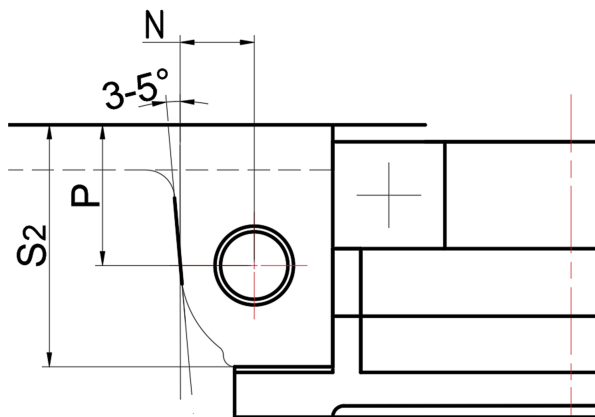


Рис. 2.35. Линия для формирования бобышки

Далее проводим *радиус* $3-5$ мм (литейный радиус), соединяющий проведенную ранее линию с наружной поверхностью стенки корпуса, и *радиус* 2 мм, обеспечивающий выступ под фланец крышки подшипника, позволяющий при обработке не задевать бобышку (рис. 2.36).

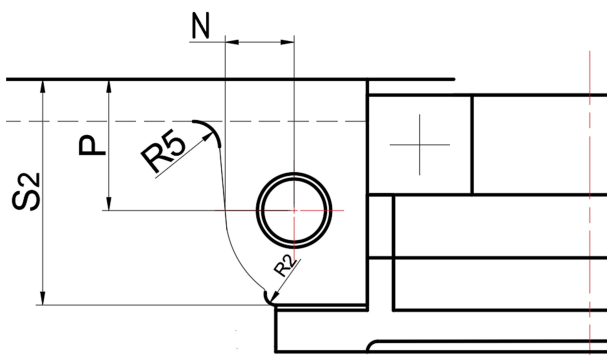


Рис. 2.36. Радиусы для формирования бобышки

Затем достраиваем *дугу* (рис. 2.37), соединяющую наклонную линию (рис. 2.35) и выступ (рис. 2.36).

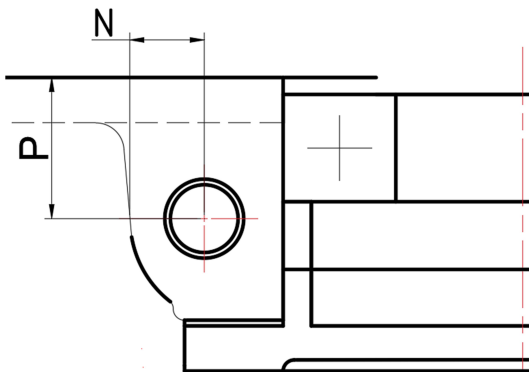


Рис. 2.37. Дуга для формирования бобышки

В завершении формирования бобышки достраиваем сопряжение (рис. 2.38) дуги (рис. 2.37) с выступом (рис. 2.36).

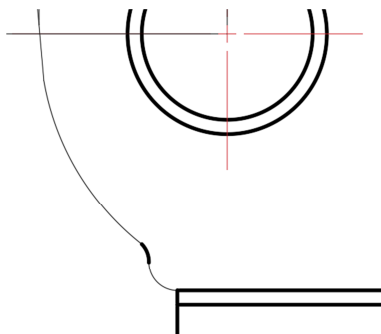


Рис. 2.38. Сопряжение для формирования бобышки

При конструировании бобышек у подшипниковых камер быстрого вала бывает, что бобышка может выступать за боковую стенку. Если возникла такая ситуация, то бобышка формируется иным образом. Сначала проводим часть окружности радиусом, равным $N = e / 2 + 5$ мм (рис. 2.39).

Далее вычерчиваем дугу, соединяющую боковую стенку редуктора с частью окружности (рис. 2.39), и радиус 2 мм, обеспечивающий выступ под фланец крышки подшипника, позволяющий при обработке не задевать бобышку (рис. 2.40).

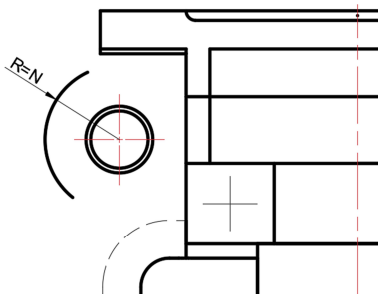


Рис. 2.39. Часть окружности для формирования выступающей бобышки

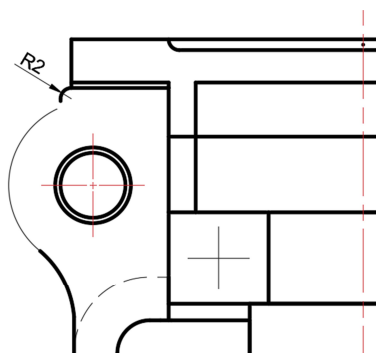


Рис. 2.40. Дуга и радиус для формирования выступающей бобышки

В завершении формирования бобышки дотраиваем *сопряжение* (рис. 2.41) части окружности (рис. 2.39) с выступом (рис. 2.40).

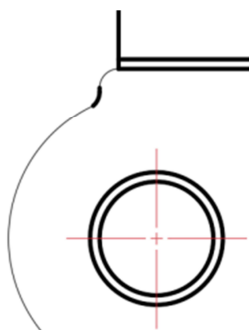


Рис. 2.41. Сопряжение для формирования выступающей бобышки

Далее от внутренней поверхности стенки редуктора откладываем ширину фланца по периметру S_3 (рис. 2.42) (взять из расчетов элементов корпуса) и проводим на этом расстоянии линию по периметру редуктора от бобышки до бобышки (рис. 2.44).

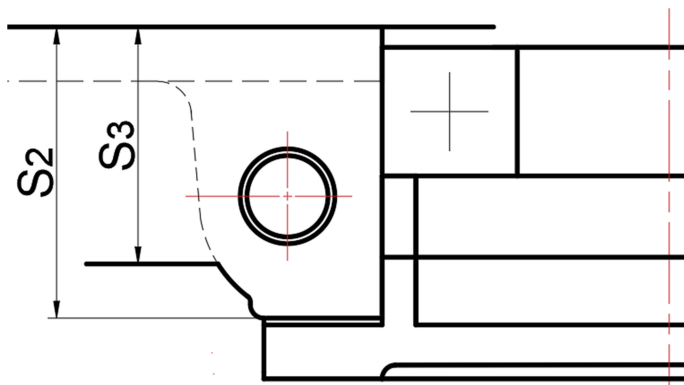


Рис. 2.42. Формирование фланца по периметру

При этом радиус закругления у фланца по периметру (рис. 2.43) принимаем равным $R_3 = R_1 + S_3$ ($R_1 = 3-5$ мм – литейный радиус).

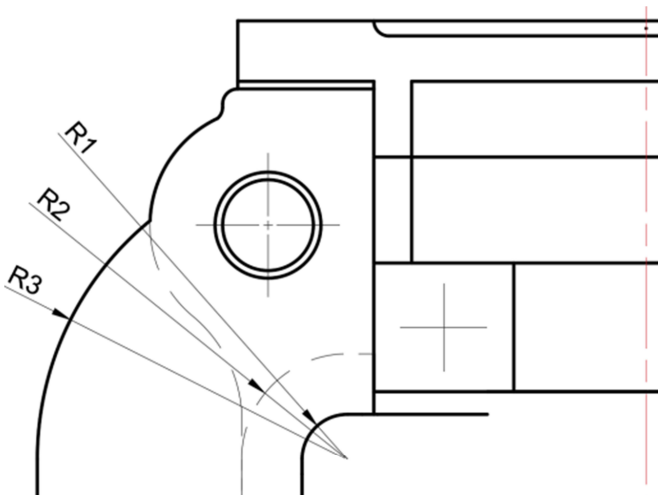


Рис. 2.43. Радиус закругления у фланца по периметру

Бобышки прочерчиваем с двух сторон каждого подшипника (рис. 2.44).

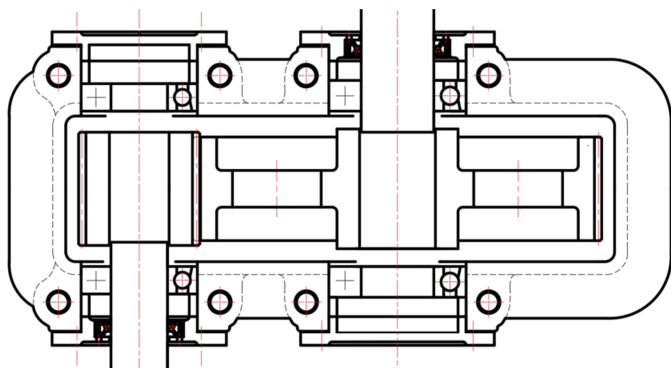


Рис. 2.44. Сформированные бобышки

Если между подшипниками недостаточно места для формирования двух бобышек, то устанавливается один болт посередине (рис. 2.45).

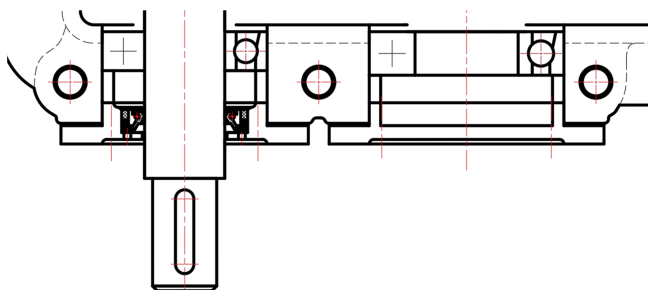


Рис. 2.45. Установка болта между подшипниками

Продолжаем дочерчивать недостающие детали и элементы валов. С той стороны, где сформирован перепад диаметра вала под ступицей, вычерчиваем распорную втулку между торцом ступицы колеса *Б* и торцом внутреннего кольца подшипника *А*, проводим линию *В*, ограниченную *А* и *Б*. Толщину втулки выбираем соразмерной толщине внутреннего кольца (рис. 2.46). Если втулки формируются до прочерчивания внутренних элементов подшипника, то их толщину предварительно принимаем 5 мм.

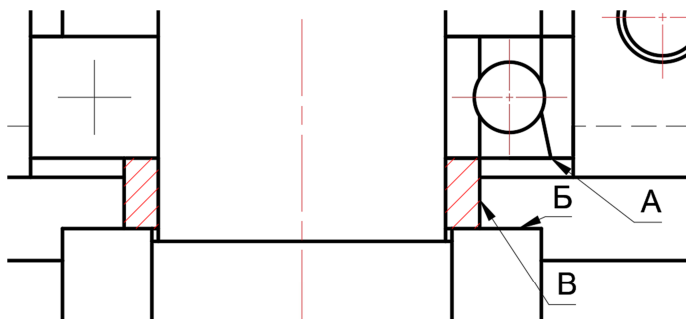


Рис. 2.46. Установка распорных втулок

С другой стороны колеса на валу формируем буртик высотой t , в зависимости от диаметра d посадочной поверхности (табл. 2.3), прочерчивая линию между торцами ступицы колеса и внутреннего кольца подшипника (линия Γ) (рис. 2.47).

Таблица 2.3

d , мм	17–24	25–30	32–40	42–50	52–60	62–70	71–85
t , мм	2	2–2,2	2,5–3,2	2,8–3,2	3–4	3,2–4	3,5–5
c , мм	1	1,6	2	2	2	2	2,5

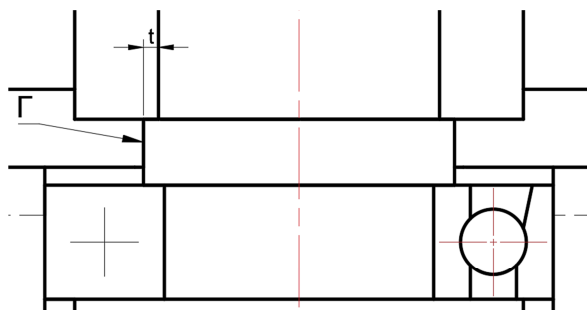


Рис. 2.47. Формирование буртика на валу

Если конструктивно быстроходный вал выполнен как вал-шестерня, то буртики формируются с двух сторон от торцов шестерни, высотой t (табл. 2.3), в зависимости от посадочного диаметра подшипника (рис. 2.48).

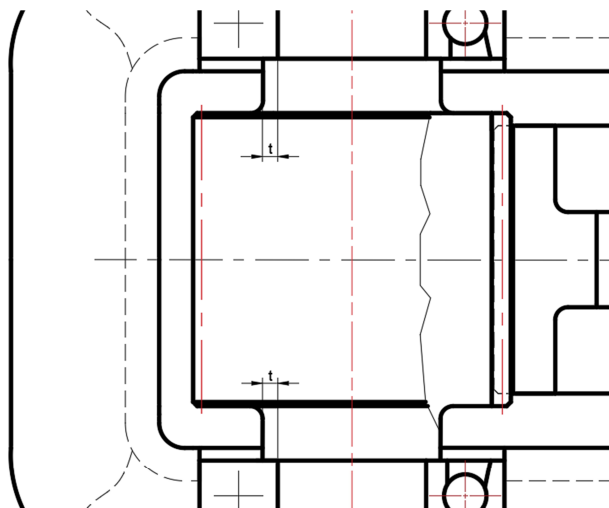


Рис. 2.48. Буртики на вал-шестерне

Далее вычерчиваем все необходимые распорные втулки и буртики (рис. 2.49).

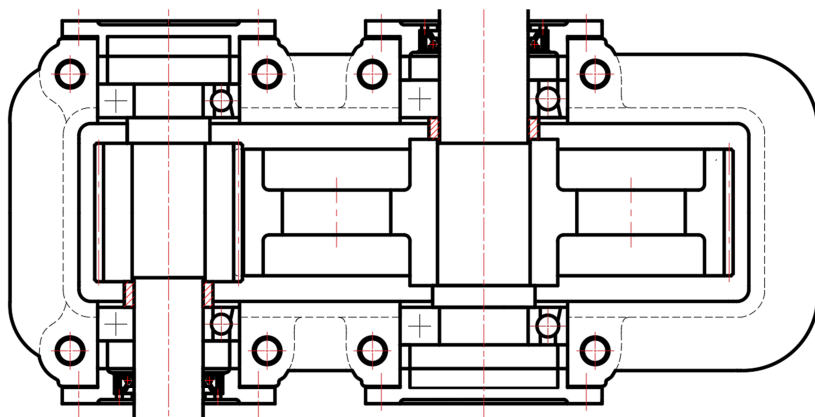


Рис. 2.49. Формирование втулок и буртиков на валах в редукторе

Если на валах установлены мазеудерживающие кольца, то буртики и распорные втулки вычерчиваются между торцами зубчатых колес и торцами мазеудерживающих колец (рис. 2.50).

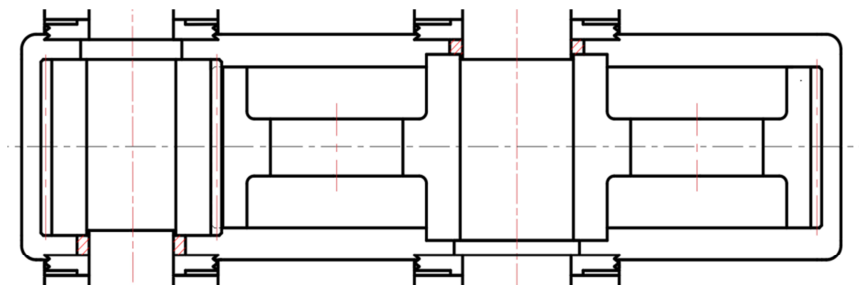


Рис. 2.50. Распорные втулки и буртики на валах

Для крепления подшипниковых крышек к корпусу используются болты, размеры которых уже были подобраны в табл. 2.2. Изображать их можно или на разрезе (не истинное их расположение, выполняется разрез в разрезе (рассматриваемый вариант) (рис. 2.51)) или на основных видах. На диаметре D_1 начинаем прочерчивать болт диаметром d_5 (рассматриваем случай применения болтов с шестигранной головкой ГОСТ 7798-70 [1, с. 290] (некоторые параметры представлены в табл. 2.4, ГОСТ 7798-70)) и пружинную шайбу толщиной s и диаметром $d_{ш} = d_o + 2b$ (табл. 2.5, ГОСТ 6402-70).

Таблица 2.4

d_5	M6	M8	M10	M12	M16	M20	M24
e , мм	10,9	14,2	17,6	19,9	26,2	33,0	39,6
k , мм	4,0	5,3	6,4	7,5	10,0	12,5	15,0
S , мм	10	13	16	18	24	30	36
L , мм	8–60	10–80	14–100	20–120	25–150	35–150	35–300

Примечание: e – диаметр головки болта; k – высота головки болта; S – размер «под ключ»; L – длина болта: 8, 10, 12, 14, 16, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 90, 100, 110, 120, 130, 140, 150, 160, 170, 180, 190, 200, 240, 260, 280, 300.

Таблица 2.5

d_5	M6	M8	M10	M12	M16	M20	M24
d_o , мм	6,1	8,1	10,1	12,1	16,3	20,5	24,5
$s = b$, мм	1,6	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0	6,0

От поверхности *A* (рис. 2.52) откладываем толщину шайбы *s* и вычерчиваем диаметр шайбы $d_{ш}$, затем откладываем высоту головки *k* и формируем диаметр головки болта *e* (рис. 2.51).

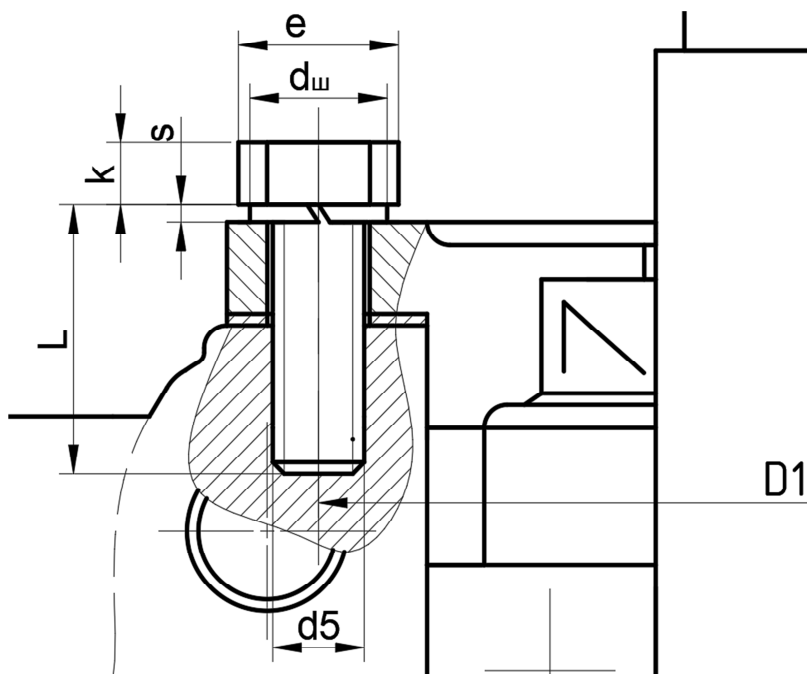


Рис. 2.51. Болт для крепления крышки подшипника

Далее определяем длину болта. Для этого, учитывая, что корпус выполнен из чугуна (рассматриваемый случай), а минимальная глубина ввинчивания болта в корпус из такого материала 1,5 диаметра болта ($l_{\min} = 1,5d_5$), то от поверхности *B* откладываем l_{\min} . Затем измеряем длину получившегося болта от линии *B* до линии *Г* и принимаем длину болта *L* ближайшую, большую по ГОСТу (табл. 2.4). Теперь откладываем от линии *Г* принятую длину болта *L*, получив истинную длину ввинчивания *l* (рис. 2.52).

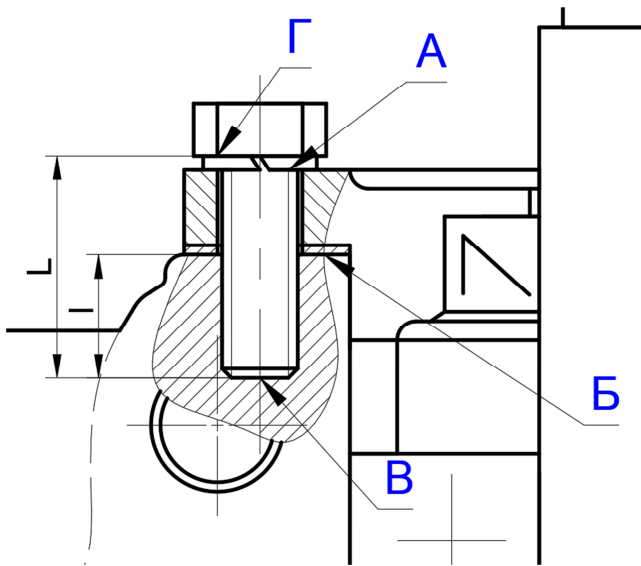


Рис. 2.52. Глубина ввинчивания болта

Далее определяемся с длиной нарезанной части болта L_0 (рис. 2.53). В зависимости от длины болта нарезанная часть может равняться длине $L_0 = L$ (рис. 2.52) или быть меньше (рис. 2.53), согласно табл. 2.6.

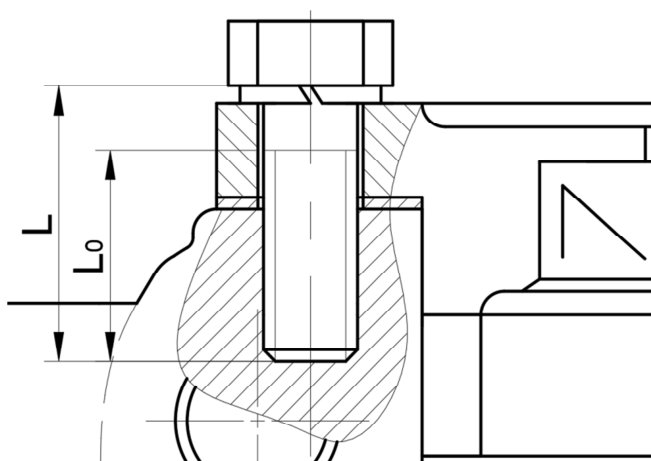


Рис. 2.53. Длина нарезанной части болта

Таблица 2.6

d_5	L_0
M6	$L_0 = L$ при $L \leq 22$ мм, $L_0 = 18$ при $L \geq 25$ мм
M8	$L_0 = L$ при $L \leq 25$ мм, $L_0 = 22$ при $L \geq 30$ мм
M10	$L_0 = L$ при $L \leq 30$ мм, $L_0 = 26$ при $L \geq 35$ мм
M12	$L_0 = L$ при $L \leq 30$ мм, $L_0 = 30$ при $L \geq 35$ мм
M16	$L_0 = L$ при $L \leq 40$ мм, $L_0 = 38$ при $L \geq 45$ мм
M20	$L_0 = L$ при $L \leq 50$ мм, $L_0 = 46$ при $L \geq 55$ мм
M24	$L_0 = L$ при $L \leq 60$ мм, $L_0 = 54$ при $L \geq 65$ мм

Если болты для крепления всех крышек подшипников в редукторе одинакового диаметра, то достаточно вычертить один болт на любой из сквозных крышек. Если размеры болтов разные, то вычерчиваются два болта соответствующих диаметров на сквозных крышках подшипников. Оси остальных болтов вычерчиваются в их истинном местоположении (можно добавить после вычерчивания основных видов редуктора).

Далее формируем выходные концы валов. Для этого от головки болта откладываем расстояние 5–8 мм и определяем место расположения буртика на валу (рис. 2.54). Длина выходного конца вала выбирается в зависимости от того, что будет на нем установлено: если полумуфта, то длину формируем, исходя из длины полумуфты, взятой из соответствующего ГОСТа; если ведомый шкив или ведущая звездочка, то посадочная длина вала зависит от сконструированной ступицы данных деталей.

Размер фаски на концевых участках валов $c \times 45^\circ$ принимаем в зависимости от диаметра (табл. 2.3). На сборочных чертежах позволительно не изображать данный элемент.

После того как сформированы валы полностью, вычерчиваем шпонки (в рассматриваемом варианте шпонки призматические со скругленными концами). Для этого, в соответствии с ГОСТ 23360-78 [1, с. 125], по диаметру вала выбираем ширину шпонки b . Далее определяемся с длиной шпонки l .

Так как уже сконструированы ступицы и определены длины выходных концов, длину шпонок определяем по посадочной длине

вала так, чтобы стандартная длина шпонки, взятая из ГОСТа, была меньше этой части вала, причем расстояние от перепада диаметров вала до шпонки k (рис. 2.55) не должно быть меньше 3 мм. В соответствии с этими рекомендациями вычерчиваем все шпонки для передачи вращающего момента в местах посадки деталей (рис. 2.56). Если на валу предусмотрено несколько шпоночных пазов, то для удобства фрезерования их располагают на одной образующей и выполняют одной ширины, выбранной по меньшему диаметру вала.

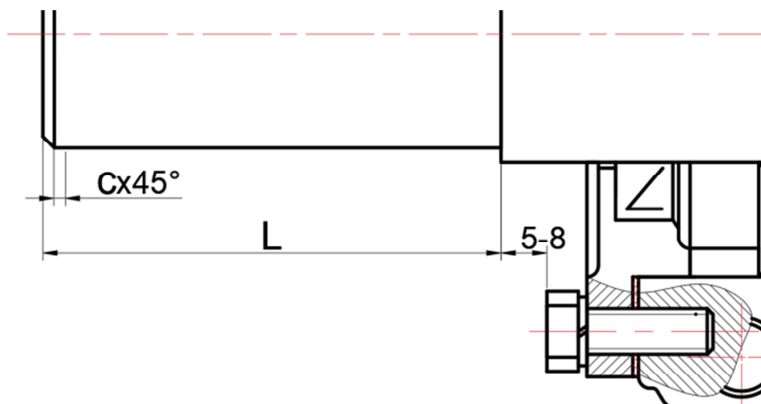


Рис. 2.54. Формирование выходных концов валов

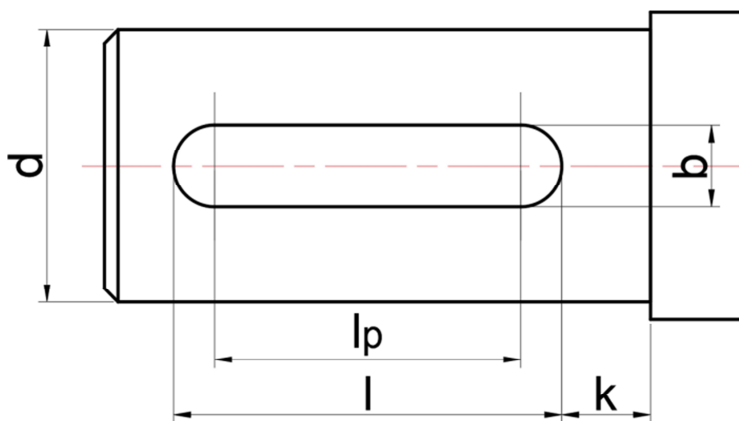


Рис. 2.55. Изображение призматической шпонки со скругленными торцевыми поверхностями

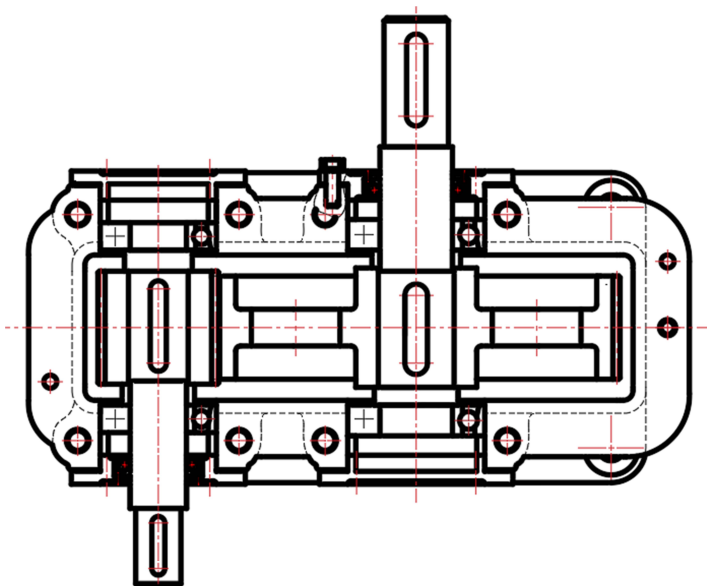


Рис. 2.56. Шпоночные соединения в редукторе

Далее вычерчиваем 2 штифта для центровки крышки редуктора относительно основания $d_{ш}$ и болты d_3 с отверстиями под них $d_{отв3}$ для крепления крышки редуктора по периметру (рис. 2.57). Диаметры штифтов и болтов были выбраны ранее при расчете корпусных деталей. Для этого на пересечении расстояния $P = 0,5(S_3 + \delta)$ и средней линии зацепления (в рассматриваемом варианте достаточно одного болта по периметру) вычерчиваем отверстие под болт, установленный с зазором $d_{отв3} = d_3 + 2$ мм (причем диаметр отверстия $d_{отв}$ регламентируется ГОСТ, но на сборочном чертеже допускается упрощение в виде визуального зазора). Ориентируясь на оси отверстия под болт, вычерчиваем окружность, равную диаметру болта d_3 . Количество болтов по периметру выбирается конструктивно с условием, что минимальное расстояние между болтами фланца редуктора будет более 10 диаметров болта. На том же расстоянии P посередине наружного фланца корпуса по периметру на расстоянии $C_{ш}$ от болта устанавливается штифт $d_{ш}$ (рис. 57). Расстояние $C_{ш}$ выбирается конструктивно с тем условием, что штифты будут устанавливаться по диагонали на максимальном расстоянии друг от друга (рис. 2.58).

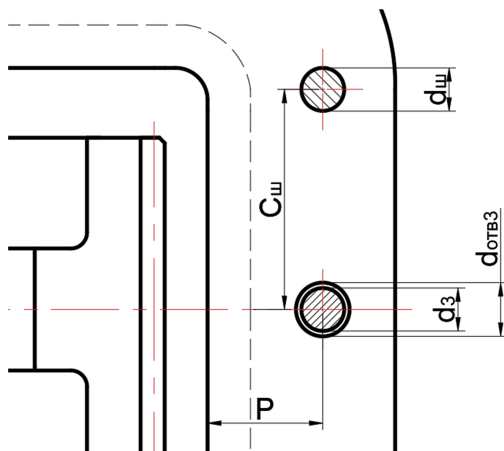


Рис. 2.57. Изображение болта и штифта

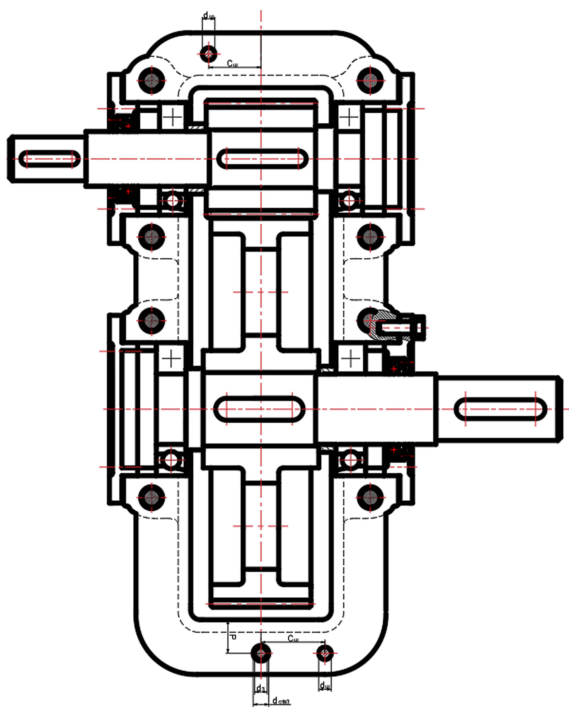


Рис. 2.58. Установка болтов и штифтов

В завершение вычерчивания корпуса редуктора формируем фундаментный фланец. Для этого на расстоянии S_1 от внутренней стенки редуктора проводим линии A и B в продолжение наружной боковой стенки. Сопряжение этих линий осуществляем радиусом $K_1 / 2$, где $K_1 = S_1 - \delta$ (рис. 2.59).

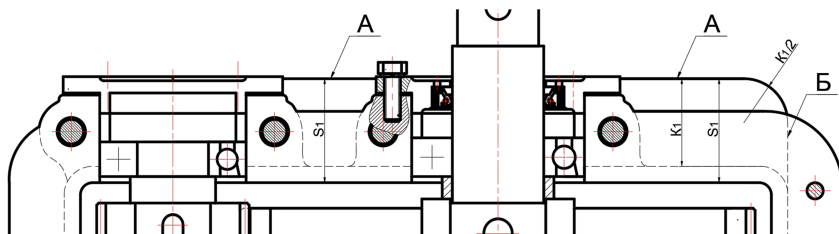


Рис. 2.59. Формирование фундаментного фланца

Далее зеркально средней линии зацепления, с другой стороны корпуса редуктора, формируем фундаментный фланец (рис. 2.60).

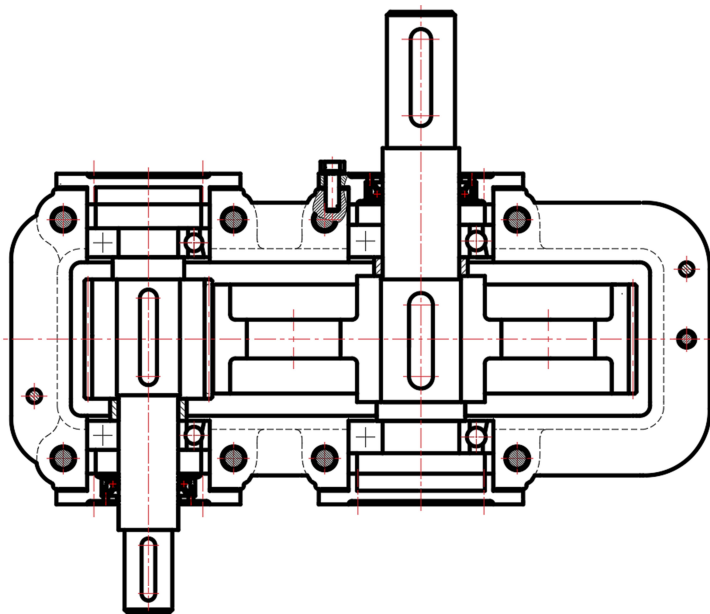


Рис. 2.60. Изображение фундаментного фланца корпуса редуктора

Затем посередине наружной части фундаментного фланца, на пересечении расстояний $K_1 / 2$, проводим оси для отверстия под фундаментный болт d_1 , далее проводим видимую часть отверстия под болт $d_{отв1} = d_1 + 2$ мм (причем диаметр отверстия $d_{отв}$ регламентируется ГОСТ, но на сборочном чертеже допускается упрощение) и формируем поверхность под головку болта (цековку или бобышку) радиусом $e_1 + 5$ мм (рис. 2.61), где e принимаем в зависимости от диаметра болта по табл. 2.4.

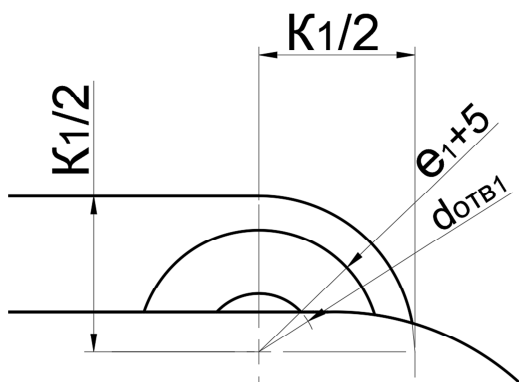


Рис. 2.61. Формирование отверстия под фундаментный болт

Далее зеркально средней линии зацепления изображаем отверстие под фундаментный болт с другой стороны корпуса редуктора (рис. 2.62).

Получившееся изображение разреза – это то, что необходимо вычертить на миллиметровке в окончательном виде.

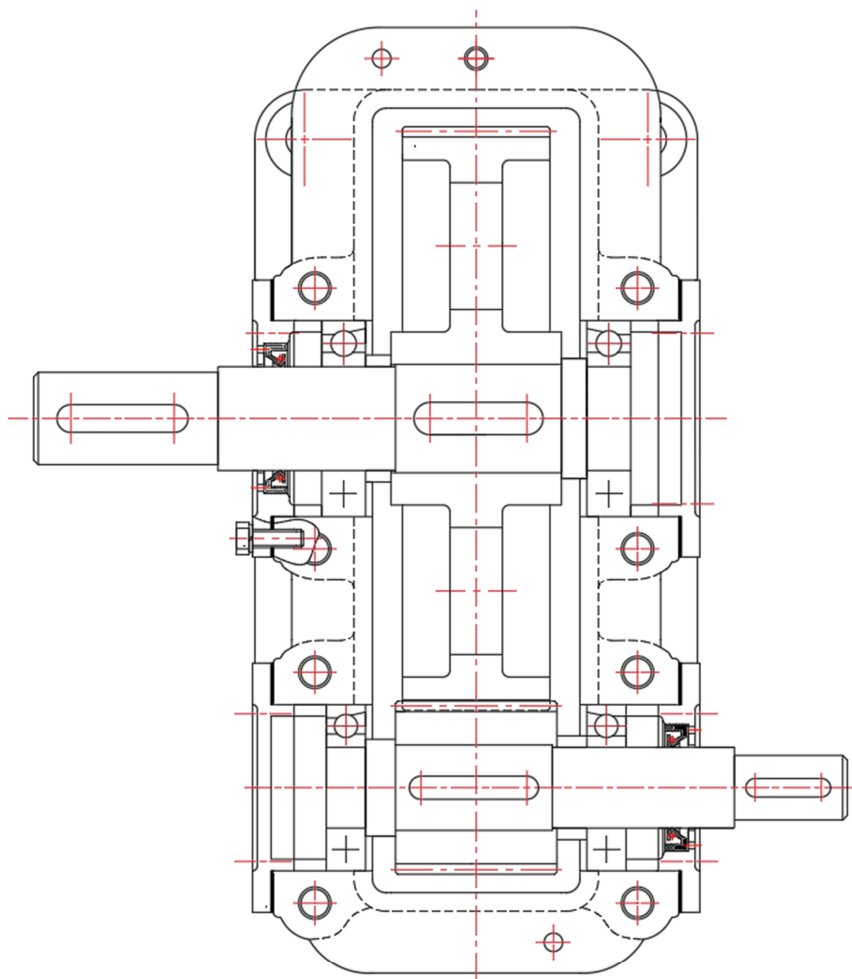


Рис. 2.62. Сформированный фундаментный фланец с отверстиями под фундаментные болты

3. ИЗОБРАЖЕНИЕ РАЗРЕЗОВ РЕДУКТОРА

На рис. 3.1 в тонких линиях, для большей наглядности, изображен полный разрез по плоскости разъема одноступенчатого цилиндрического редуктора с горизонтальным расположением валов. Также представлена штриховка всех деталей, попавших в разрез. Шарики (ролики) в подшипниках не штрихуются.

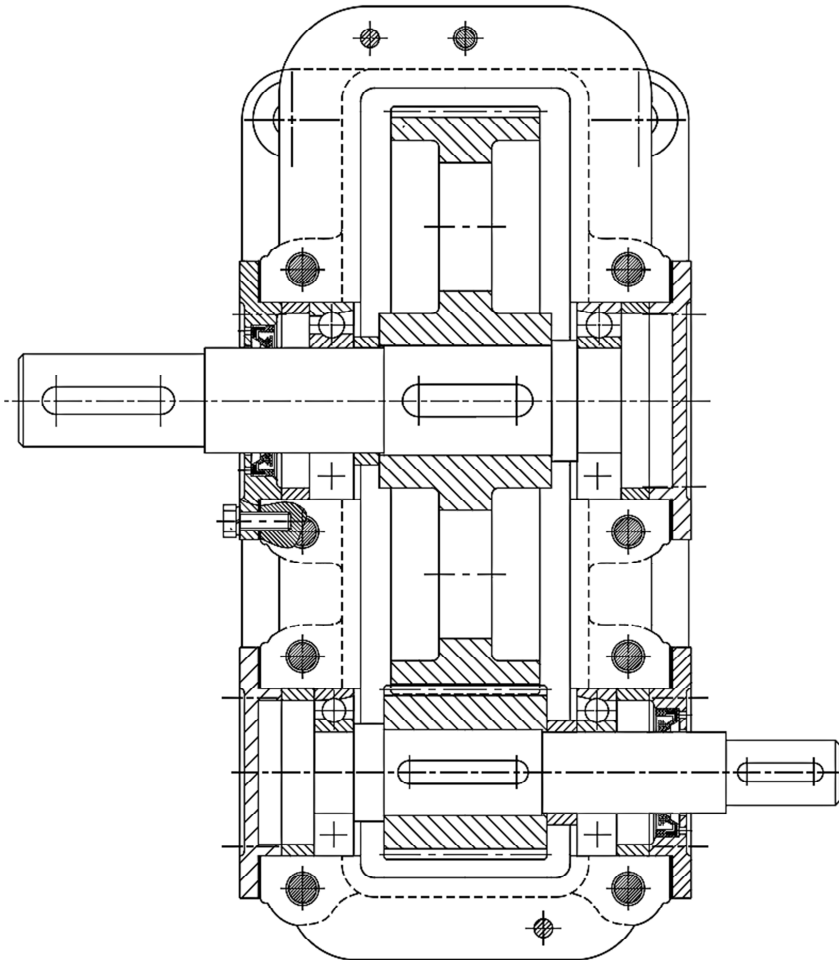


Рис. 3.1. Разрез редуктора со штриховкой

На рис. 3.2 изображен полный разрез редуктора по плоскости разреза с приведением линий всех типов, необходимых для оформления чертежа.

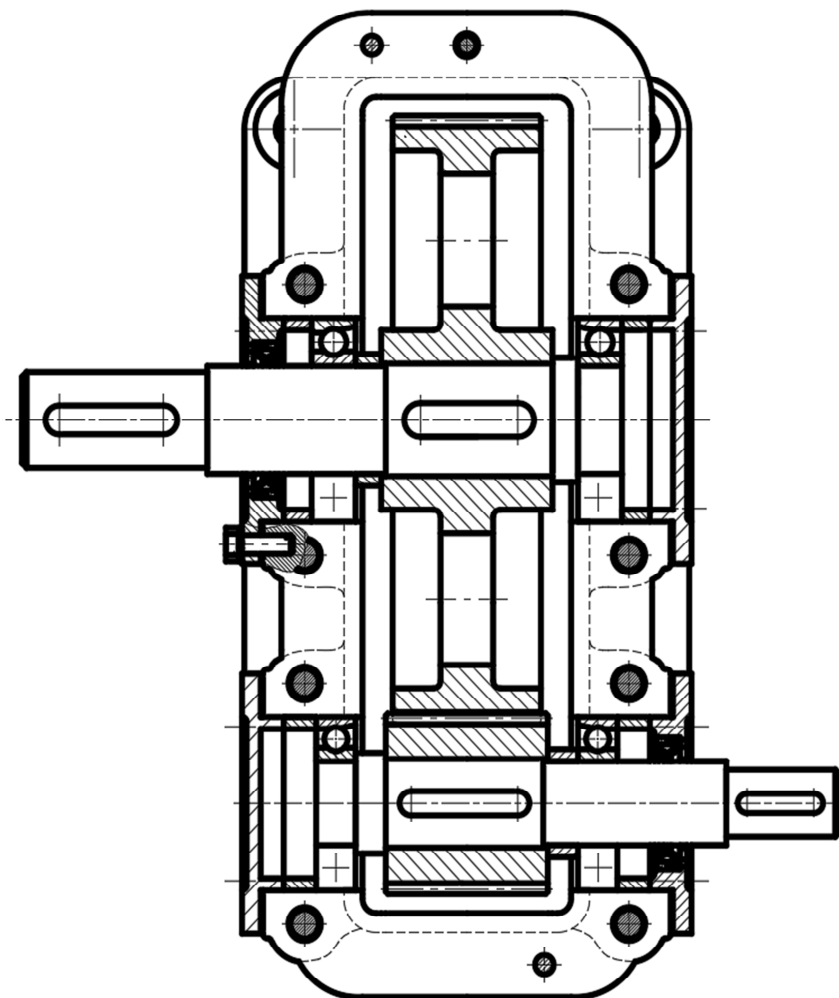


Рис. 3.2. Разрез редуктора

ЛИТЕРАТУРА

1. Курмаз, Л. В. Детали машин. Проектирование : справочное учебно-методическое пособие / Л. В. Курмаз, А. Т. Скойбеда. – М. : Высшая Школа, 2004. – 309 с. : ил.
2. Дунаев, П. Ф. Конструирование узлов и деталей машин / П. Ф. Дунаев, О. П. Леликов. – М. : Высшая школа, 2000. – 446 с.
3. Жуков, К. П. Проектирование деталей и узлов машин : учебник для вузов / К. П. Жуков, Ю. Е. Гуревич. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 2014. – 648 с. : ил.
4. Передачи зубчатые цилиндрические эвольвентные внешнего зацепления. Расчет на прочность: ГОСТ 21354-87. – М. : Изд-во стандартов, 1987.– 432 с.
5. Скойбеда, А. Т. Проектирование механических передач. Эскизный проект : методическое пособие / А. Т. Скойбеда, А. М. Статкевич, А. А. Калина; под ред. А. Т. Скойбеда. – Минск : БНТУ, 2014. – 112 с.
6. Николаенко, В. Л. Прикладная механика: курсовое проектирование : учебное пособие / В. Л. Николаенко [и др.]; под ред. А. Т. Скойбеда. – Минск : БНТУ, 2010. – 177 с.

Учебное издание

ШВЕЦ Ирина Владимировна

РАЗРАБОТКА СБОРОЧНОГО ЧЕРТЕЖА ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО РЕДУКТОРА

Пособие

для студентов специальностей

1-36 01 01 «Технология машиностроения»,
1-36 01 02 «Материаловедение в машиностроении»,
1-36 01 03 «Технологическое оборудование машиностроительного
производства», 1-36 01 05 «Машины и технология обработки
материалов давлением», 1-36 01 06 «Оборудование и технология
сварочного производства», 1-43 01 01 «Электрические станции»,
1-43 01 02 «Электроэнергетические системы и сети»,
1-43 01 03 «Электроснабжение», 1-43 01 04 «Тепловые
электрические станции», 1-43 01 05 «Промышленная
теплоэнергетика», 1-43 01 08 «Проектирование и эксплуатация
атомных электрических станций», 1-43 01 09 «Релейная защита
и автоматика», 1-55 01 03 «Компьютерная мехатроника»

Редактор *Е. И. Бенищевич*

Компьютерная верстка *Е. А. Беспанской*

Подписано в печать 12.01.2023. Формат 60×84 ¹/₁₆. Бумага офсетная. Ризография.
Усл. печ. л. 2,62. Уч.-изд. л. 1,99. Тираж 100. Заказ 658.

Издатель и полиграфическое исполнение: Белорусский национальный технический университет.
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя
печатных изданий № 1/173 от 12.02.2014. Пр. Независимости, 65. 220013, г. Минск.