

ГОСУДАРСТВЕННОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

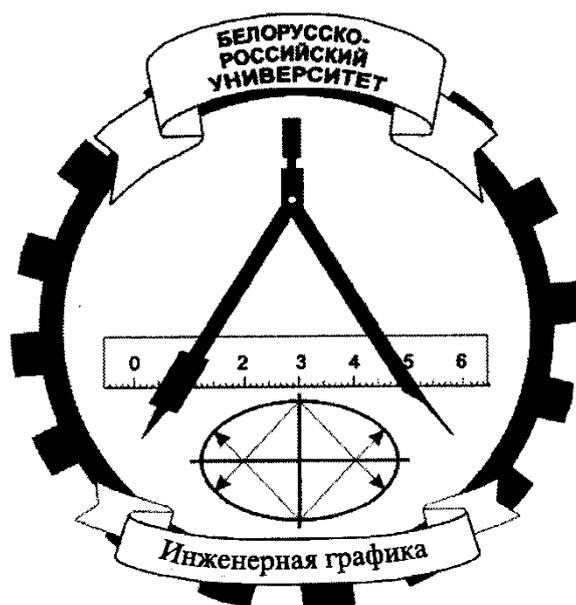
Кафедра «Инженерная графика»

**ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА
НАЧЕРТАТЕЛЬНАЯ ГЕОМЕТРИЯ И
ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА
НАЧЕРТАТЕЛЬНАЯ ГЕОМЕТРИЯ И
КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА**

Чертеж сборочной единицы. Детализирование

*Методические рекомендации к практическим занятиям
для студентов всех специальностей и направлений
подготовки очной и заочной формы обучения*

для студентов направлений подготовки



Могилев 2018

УДК 744: 621.791.053
ББК 30.11
И 54

Рекомендовано к изданию
учебно-методическим отделом
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Инженерная графика» «07» марта 2018 г.,
протокол № 8

Составители: канд. техн. наук, доц. Н. Н. Гобралев;
канд. техн. наук, доц. Д. М. Свирепа;
ст. преподаватель Н. М. Юшкевич;
ст. преподаватель Ж. В. Рымкевич

Рецензент канд. техн. наук, доц. А. П. Прудников

В данных методических рекомендациях описывается порядок чтения чертежей общих видов и сборочных, а также предложена рациональная методика их детализирования, приводится пример выполнения чертежей оригинальных деталей по чертежу общего вида сборочной единицы.

Учебно-методическое издание

ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА

Ответственный за выпуск Д. М. Свирепа
Технический редактор А. Т. Червинская
Компьютерная верстка Н. П. Полевничая

Подписано в печать Формат 60x84/8. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.
Печать трафаретная. Усл.-печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 60 экз. Заказ №

Издатель и полиграфическое исполнение:
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«Белорусско-Российский университет»
Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/156 от 24.01.2014.
Пр. Мира, 43, 212000, Могилев.

© ГУ ВПО «Белорусско-Российский
университет», 2018

Содержание

Введение.....	4
1 Чтение сборочного чертежа.....	5
1.1 Упрощения и условности, применяемые на сборочных чертежах.....	5
1.2 Изображение на сборочных чертежах частей изделия с типовыми неразъемными соединениями деталей.....	8
1.3 Изображение на сборочных чертежах пружин.....	9
1.4 Изображение на сборочных чертежах подшипников качения.....	11
2 Детализация сборочных чертежей.....	14
2.1 Выбор необходимых изображений рабочего чертежа....	14
2.1.1 Подбор изображений типовой детали «КОРПУС».....	14
2.1.2 Подбор изображений типовой детали «ВАЛ».....	15
2.1.3 Подбор изображений типовой детали «КОЛЕСО ЗУБЧАТОЕ».....	20
2.2 Нанесение размеров на рабочих чертежах деталей.....	22
2.3 Определение численных значений размеров по сборочному чертежу.....	25
2.4 Определение шероховатости поверхностей при детализации.....	27
2.4.1 Общие сведения о шероховатости.....	27
2.4.2 Обозначение шероховатости на чертежах	30
2.4.3 Нанесение обозначений шероховатости на рабочие чертежи.....	32
3 Пример выполнения детализации сборочного чертежа.....	35
Заключение.....	42
Список использованной литературы.....	43

Введение

Целью инженерной подготовки студентов в ВУЗе является получение ими знаний и умений, необходимых в будущей профессиональной деятельности. Ее возможными и особенно важными направлениями могут быть обслуживание имеющегося на производстве оборудования или создание нового. Создание предполагает разработку соответствующей конструкторской документации на изделие. Процесс разработки конструкторской документации многоуровневый и строго регламентирован соответствующими государственными стандартами, но в обобщенной форме в нем можно выделить следующие этапы:

- 1 – получение и анализ технического задания на новое изделие;
- 2 – поиск аналогов на уровне разработки эскизного проекта;
- 3 – разработка чертежей общего вида и сборочных чертежей;
- 4 – разработка рабочих чертежей деталей;
- 5 – подготовка технологических документов на изготовление деталей, непосредственную сборку изделия и его испытание.

Особое место в проектно-конструкторской работе занимает подготовка чертежа изделия в целом и рабочих чертежей его деталей.

Чертеж общего вида – комплексный документ с изображениями чертежа изделия, определяющий его конструкцию и размеры, взаимодействие составных частей и поясняющий принцип работы [1]. Он является основой для разработки спецификаций, рабочих чертежей деталей и сборочных чертежей составных частей изделия. Эти части могут быть представлены в виде механизмов, узлов, отдельных соединений и других подборок. В конце шифра чертежа общего вида проставляется аббревиатура ВО.

Сборочный чертеж содержит различные изображения изделия (виды, разрезы, сечения, укрупненные выносные элементы) и другие данные, необходимые уже для его сборки (изготовления) и контроля работы [1]. Кроме габаритных, установочных/присоединительных и необходимых справочных размеров на нем указываются и те размеры, которые должны быть выполнены или проконтролированы в процессе сборки. В шифре сборочного чертежа проставляется аббревиатура СБ.

Как видно из характеристик этих понятий, они имеют незначительные принципиальные отличия. Поэтому на практике, говоря о чертеже изделия, чаще всего употребляют обобщенный термин «СБОРОЧНЫЙ ЧЕРТЕЖ».

В зависимости от задач проектно-конструкторской работы со сборочным чертежом различают понятия *чтения и детализования чертежа*.

1 Чтение сборочного чертежа

Прочесть сборочный чертеж означает подробно разобраться с основными его функциями, которые можно свести к следующему перечню действий:

1 – уяснение назначения и принципа работы изделия. Для чего анализируется информация в штампе основной надписи, возможные описания устройства, дополнительные данные в виде технических требований, технических характеристик, схем и т.д.;

2 – определение габаритных, установочных и присоединительных размеров изделия и его составных частей, в том числе с учетом возможных перемещений подвижных частей;

3 – формирование представлений об имеющихся в изделии соединениях деталей, их разновидностях, форме и размерах;

4 – установление порядка сборки/разборки изделия и необходимых условий контроля этого процесса;

5 – определение комплектности изделия. Совместно со сборочным чертежом анализируется сопутствующий конструкторский документ «СПЕЦИФИКАЦИЯ»;

6 – составление по имеющемуся сборочному чертежу представлений о форме, размерах и особенностях деталей, входящих в изделие.

1.1 Упрощения и условности на сборочных чертежах

Следует помнить, что трудоемкость выполнения чертежно-графических работ существенно зависит от степени проработки представляемых изображений. Чтобы облегчить эту работу без снижения иллюстративности сборочных чертежей допускается на них применять некоторые *упрощения* и *условности*. Примеры их приводятся в литературных источниках [9,10]. Ниже представлен рисунок 1, где показаны и описаны некоторые такие упрощения.

На сборочных чертежах **допускается не показывать**:

1 – фаски (поз. 1), скругления (поз. 2), проточки (поз. 3), углубления, выступы, рифления, насечки, оплетки и другие мелкие элементы деталей;

2 – зазоры между стержнем и отверстием (поз. 4);

3 – недорез резьбы и коническую часть глухого отверстия (поз.6);

4 – лекальные кривые и линии перехода, они заменяются дугами окружности или прямыми линиями;

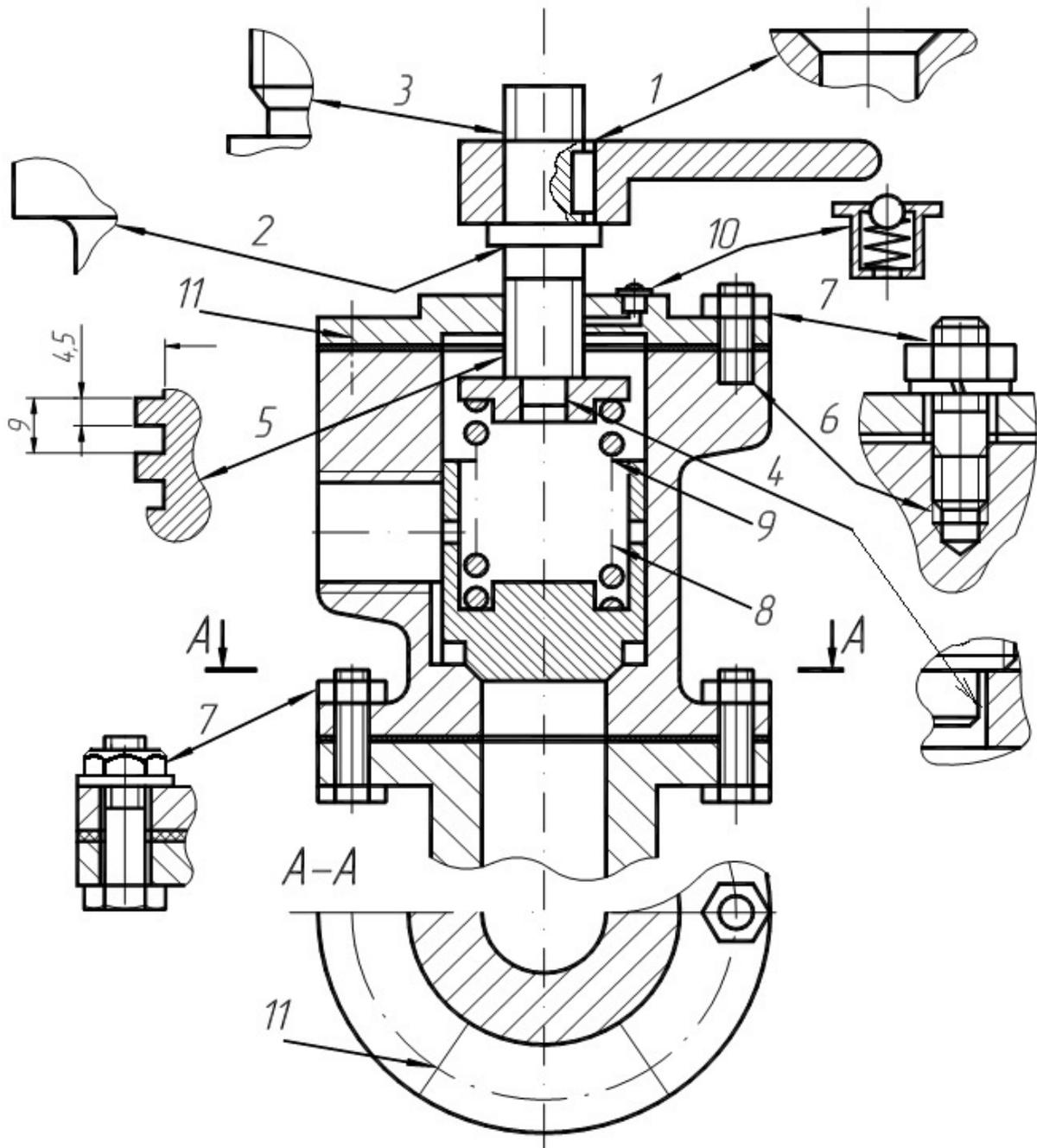


Рисунок 1 – Условности и упрощений, используемые на сборочных чертежах

5 – крышки, маховики, фланцы, щиты, кожухи и т.п., если проекция детали закрывает конструктивную особенность сборочной единицы. При этом над изображением делают соответствующую надпись: «Крышка поз. ... не показана» или: «Дет. поз. ... не показаны» и т.д. В таких случаях эти детали целесообразно изображать отдельно с добавлением надписи типа «В деталь поз.8» (рисунок 2);

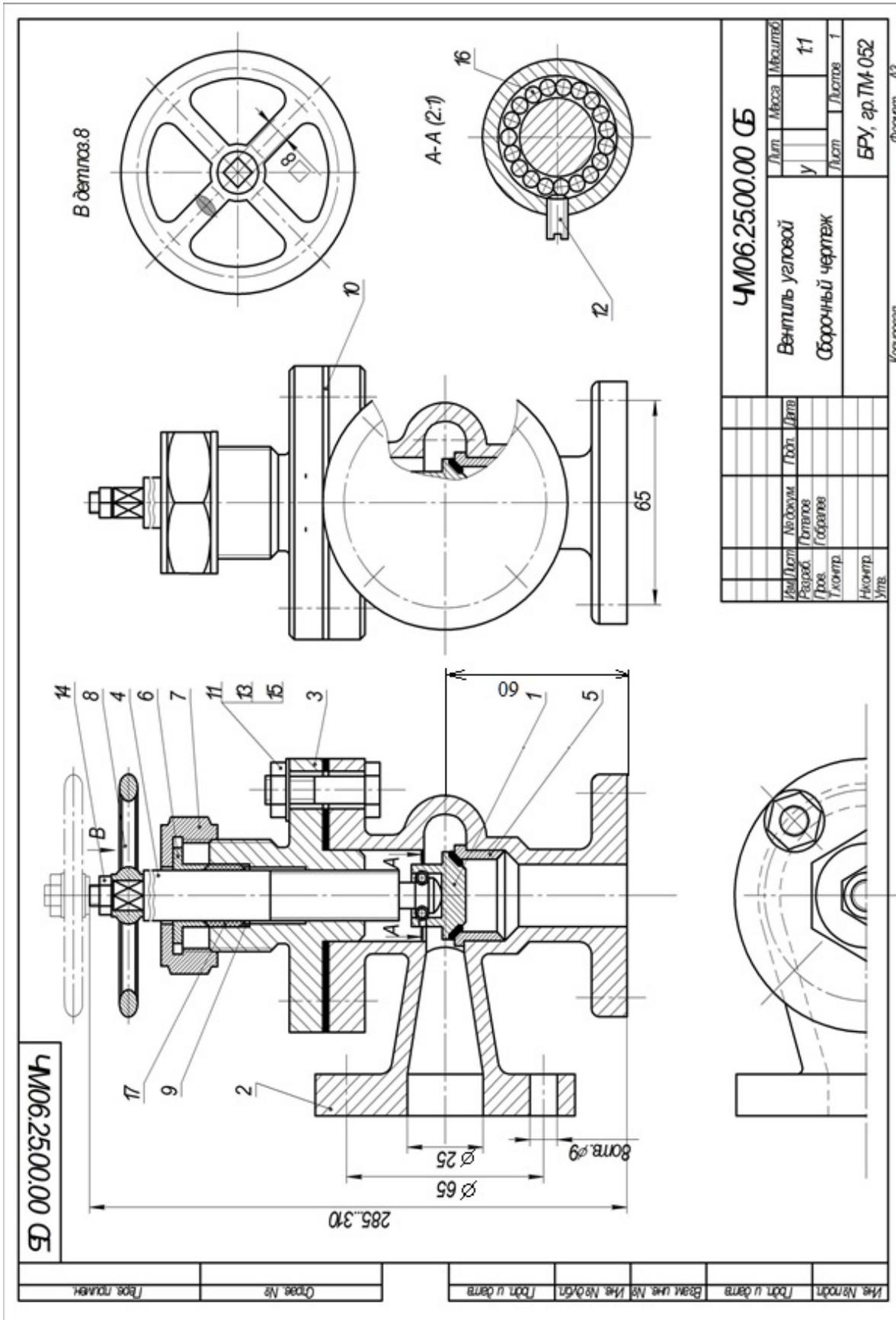


Рисунок 2 – Условности и упрощения, используемые на сборочных чертежах

6 – на сборочном чертеже крайние положения подвижных деталей изображают штрихпунктирной линией с двумя точками (рисунок 2);

7 – линии невидимого контура, т.к. это часто затрудняет чтение чертежа.

На сборочных чертежах условно *не рассечёнными показывают*:

1 – винты, болты, штифты, гайки, шпильки, шпонки, шайбы и другие крепежные изделия, если они располагаются в разрезах, проходящих вдоль их продольных осей (поз. 6 и 7);

2 – сплошные валы и оси в разрезах продольными плоскостями. Дополнительные конструктивные элементы этих деталей показывают с помощью местных разрезов (поз.3) или вынесенных сечений;

3 – типовые, покупные и другие широко применяемые изделия. Их показывают лишь внешними очертаниями без подробностей (поз.10);

4 – спицы маховиков, шкивов, зубчатых колес, тонкие стенки ребер жесткости, если секущая плоскость направлена вдоль оси или длинной стороны этого элемента (рисунок 2);

5 – те составные части изделия, на которые оформлены самостоятельные сборочные чертежи (поз.10).

При наличии в сборочной единице нескольких одинаковых составных частей (например, соединений крепежными деталями) допускается изображать одно/два, а остальные указывать осевыми или центровыми линиями (поз. 11).

Для упрощения чертежей и сокращения количества изображений допускается изображать в разрезе отверстия, расположенные на круглом фланце, даже если они не попадают в секущую плоскость.

На сборочных чертежах рекомендуется показывать половину изображения (смотреть вид сверху на рисунке 2) или несколько более половины с проведением линии обрыва, если вид, разрез или сечение представляет собой симметричную фигуру.

На сборочных чертежах, включающих изображения нескольких составных частей (колес, опорных катков и т.п.), допускается выполнять полное изображение одной составной части, а изображения остальных частей – упрощенно в виде внешних очертаний.

Изделия из прозрачного материала изображают как непрозрачные.

1.2 Изображение на сборочных чертежах частей изделия с типовыми неразъемными соединениями деталей

Очень часто в составе изделия имеются части, являющиеся самостоятельными сборочными единицами (подборками), изготовленными с помощью сварки, пайки, склеивания и тому подобными способами. Такие изделия из однородного материала в разрезах и сечениях

по всем составным деталям заштриховывают в одну сторону, изображая границы между деталями сплошными основными линиями (рисунок 3).

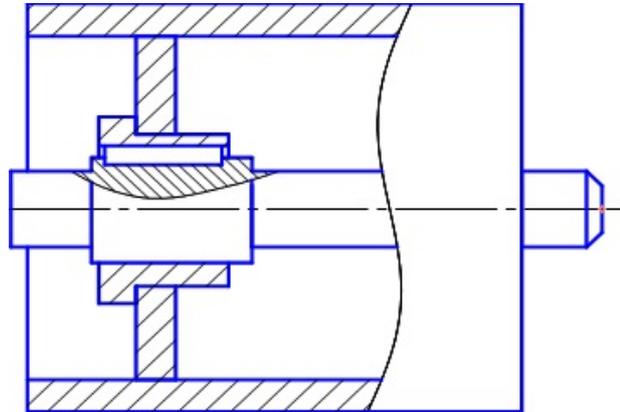


Рисунок 3 – Изображение сварного изделия на сборочном чертеже

Если же рассматривается непосредственно сборочный чертеж сварного изделия, то смежные детали, попадающие в разрез или сечение, заштриховывают с наклоном в разные стороны (рисунок 4). В таком исполнении их легче отличить одну от другой. Если в разрез попадают три и более смежных деталей, то на их изображениях изменяют шаг штриховки или линии штриховки сдвигают друг относительно друга.

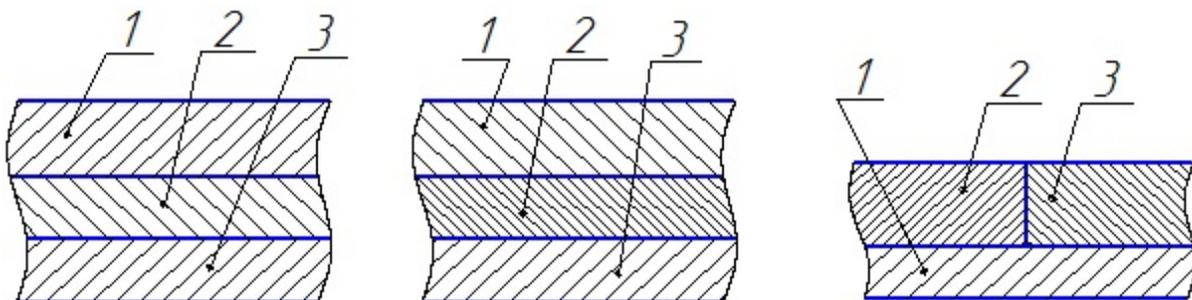


Рисунок 4 – Штриховка смежных деталей

При штриховке деталей, попавших в плоскость разреза, необходимо иметь в виду, что одна и та же деталь на всех разрезах сборки штрихуется одинаково.

1.3 Изображение на сборочных чертежах пружин

Многие изделия машиностроения (машины, механизмы, узлы) имеют в своем составе различные винтовые пружины сжатия и

растяжения, кручения и изгиба. Изображения этих типовых деталей на сборочных чертежах имеют свои специфические особенности [4].

Винтовые пружины изображают, как правило, с правой навивкой независимо от действительного ее направления. Если же используются две пружины разного направления навивки, то на чертеже изображают их действительное направление.

В случае, когда число витков пружины больше четырех, на каждом конце ее вычерчивают только один - два витка (не считая опорных), а через центры фигур сечения витков проводят осевые линии по всей длине пружины (рисунок 5). Пружину можно изображать и не рассеченной.

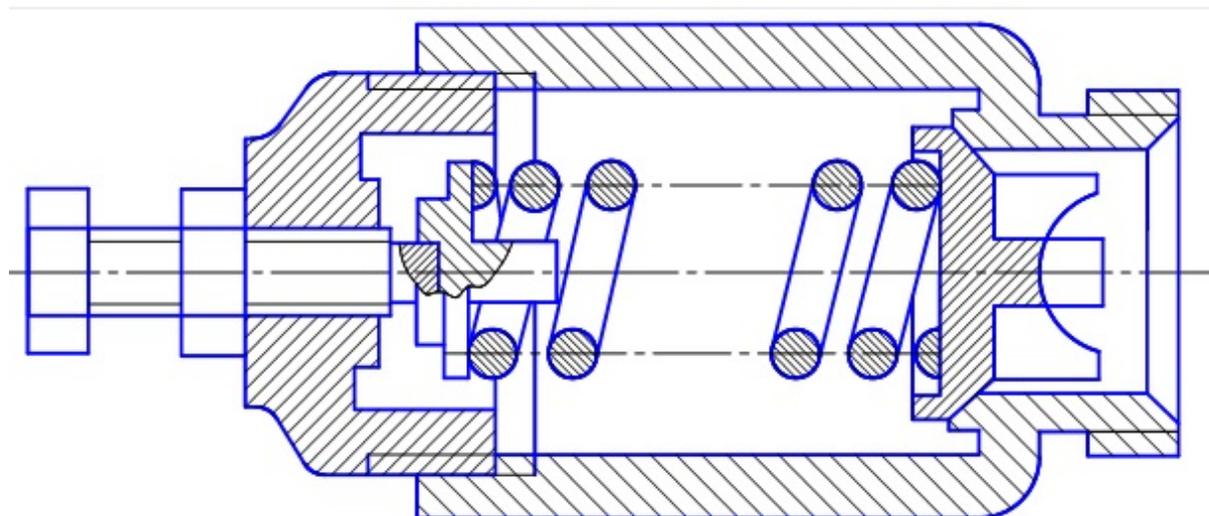


Рисунок 5 – Изображение пружины в составе сборочной единицы

Допускается также ее изображать в разрезе только поперечными сечениями витков (рисунок 6, а). При этом условно считают, что пружина закрывает собой расположенные за ней элементы деталей до контура сечений или до осевых линий этих сечений (рисунок 1, поз.11 и рисунок 5). Если же на изображении разреза диаметр сечений витков пружины не превышает 2 мм, то их сечения зачерняют.

При изображении витков пружины круглого сечения и при толщине сечения иного профиля менее 2 мм пружину допустимо показывать только наклонными к оси прямыми сплошными основными линиями (рисунок 6, б).

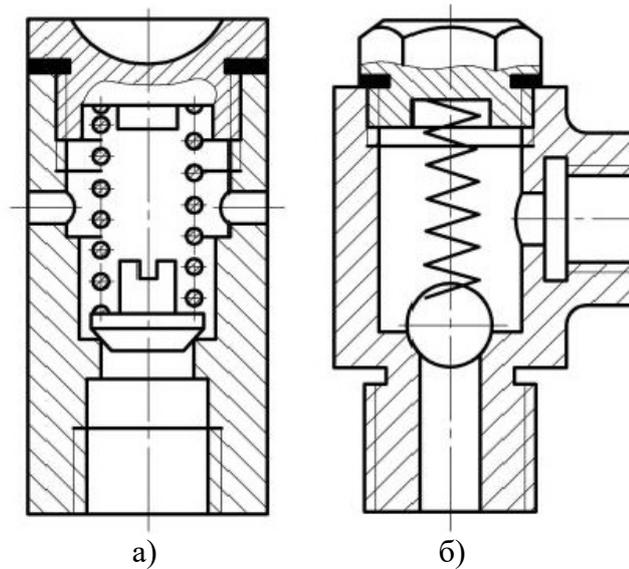


Рисунок 6 – Изображение пружин на сборочных чертежах: а – изображение с зачернёнными витками; б – изображение пружины прямыми линиями

1.4 Изображение на сборочных чертежах подшипников качения

В технике широко распространены передачи вращения – зубчатые, ременные, цепные и другие. Основными деталями их являются валы и оси, помещаемые в опоры. Главными узлами опор качения являются подшипники и скольжения качения. Подшипники качения состоят из наружного и внутреннего колец, между которыми помещены тела качения и сепаратор, предназначенный для распределения тел качения по кольцам. Но изображения их на сборочных чертежах отличаются от действительного [7].

На рисунке 7 приведены наиболее распространённые в машиностроении типы подшипников качения, а на рисунке 8 показано их упрощённое и условное изображение.

В случае, когда на сборочном чертеже не требуется детальной проработки опор качения, подшипники допускается изображать упрощенно без указания их типа и особенностей конструкции (рисунок 8, а). Контур подшипника очерчивается сплошными основными линиями, а внутри его проводятся сплошными тонкими линиями диагонали.

Если на сборочном чертеже необходимо указать тип подшипника, то внутри контура наносится соответствующее условное графическое изображение (рисунок 8, б). Но для большей наглядности чертежа допускается соединение половины конструктивного и половины упрощенного изображения (рисунок 8, в).



I Подшипник радиальный шариковый.
ГОСТ 8338-75



II Подшипник радиальный роликовый с короткими цилиндрическими роликами.
ГОСТ 8328-75



III Шарикоподшипник упорный
однорядный.
ГОСТ 7872-89



IV Подшипник радиально-упорный
роликовый конический.
ГОСТ 27365-87

Рисунок 7 – Некоторые типы подшипников, применяемых в изделиях

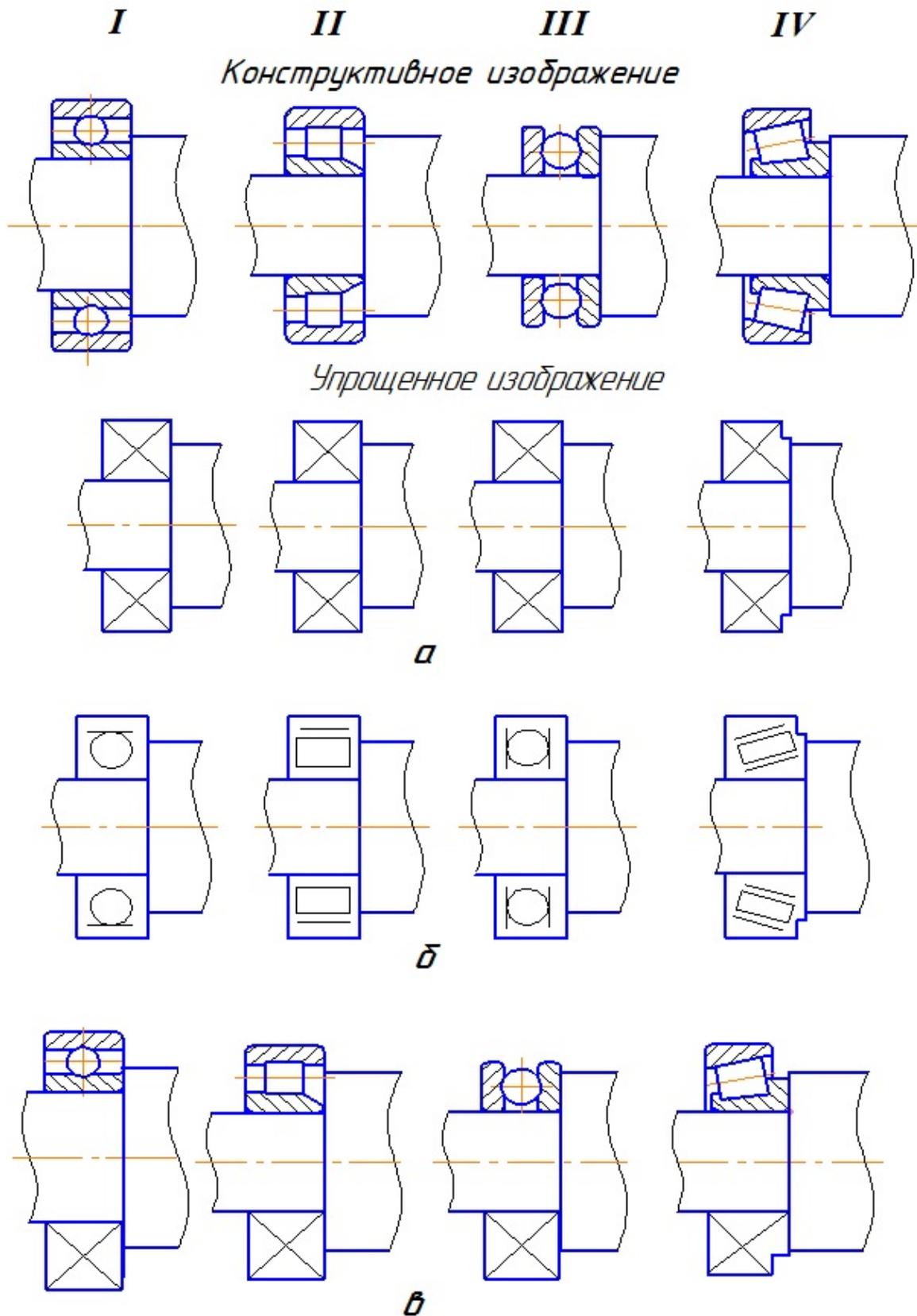


Рисунок 8 – Изображения подшипников на чертежах и схемах:
 а – упрощенное; б – упрощенное с условным графическим обозначением типа;
 в – наиболее часто используемое на чертежах

2 Детализация сборочных чертежей

После выполнения сборочного чертежа (или чертежа общего вида) подготовка конструкторской документации сводится к разработке чертежей каждой нестандартной детали изделия. Такие чертежи называются *рабочими чертежами*, так как они содержат изображения детали и другие данные, необходимые для её изготовления и контроля. Процесс их разработки называется *детализацией сборочного чертежа*.

Главными составляющими этапами его являются следующие:

- мысленное «представление» детали, подлежащей детализации. Оно заключается в определении по сборке общей формы и размеров детали, выявлении в ней необходимых стандартных конструктивных элементов, установление шероховатости ее поверхностей;
- определение необходимых изображений рабочего чертежа детали и их масштаб. Следует знать, что не все имеющиеся на сборочном чертеже изображения детали могут быть использованы в качестве рабочих. Их может быть и больше, и меньше;
- резервирование подходящего формата листа бумаги для рабочего чертежа с учетом размещения изображений на листе, предполагаемой сетки размеров, записи необходимых технических требований и других данных;
- непосредственное выполнение рабочего чертежа детали;
- нанесение размеров.

2.1 Выбор необходимых изображений рабочего чертежа

Особое значение имеет правильный выбор главного изображения. В качестве его выбирают такое, которое даёт наиболее полное представление о форме и размерах детали. Оно должно располагаться в проекционной связи с остальными изображениями, что способствует быстрому и лёгкому чтению чертежа. Целесообразно, чтобы главное изображение давало представление и о внутренней форме детали

Все детали машиностроения условно подразделяются на *корпусные, валы/оси/втулки и шестерни/зубчатые колеса*. Каждый из этих типов имеет свои специфические особенности относительно выбора главного и дополнительных изображений чертежа.

2.1.1 Подбор изображений корпусной детали

Корпусные детали имеют специфику изготовления (литье, штамповка и т.д.), что накладывает определенные правила подбора и выполнения их изображений [8].

Для *основной корпусной детали* главный вид, как правило, определяется главным видом всей сборочной единицы. Нередко она и называется «КОРПУС». Это объясняется тем, что сборка изделия проходит, например, с установки основной корпусной детали на верстаке, а затем последующих присоединений и вставления в нее других деталей.

Чаще всего корпусные детали имеют развитую внутреннюю форму. Поэтому их чертежи *не могут быть* простыми видами детали с представлением этой формы штриховыми линиями. Более полными и наглядными изображениями могут быть сочетание видов с местными разрезами, или соединение половины видов с половинами разрезов, или же полными простыми и сложными разрезами (рисунок 9).

Прочие детали могут иметь виды, определяемые как изображениями сборочного чертежа, так и технологией их изготовления.

2.1.2 Подбор изображений типовой детали «ВАЛ»

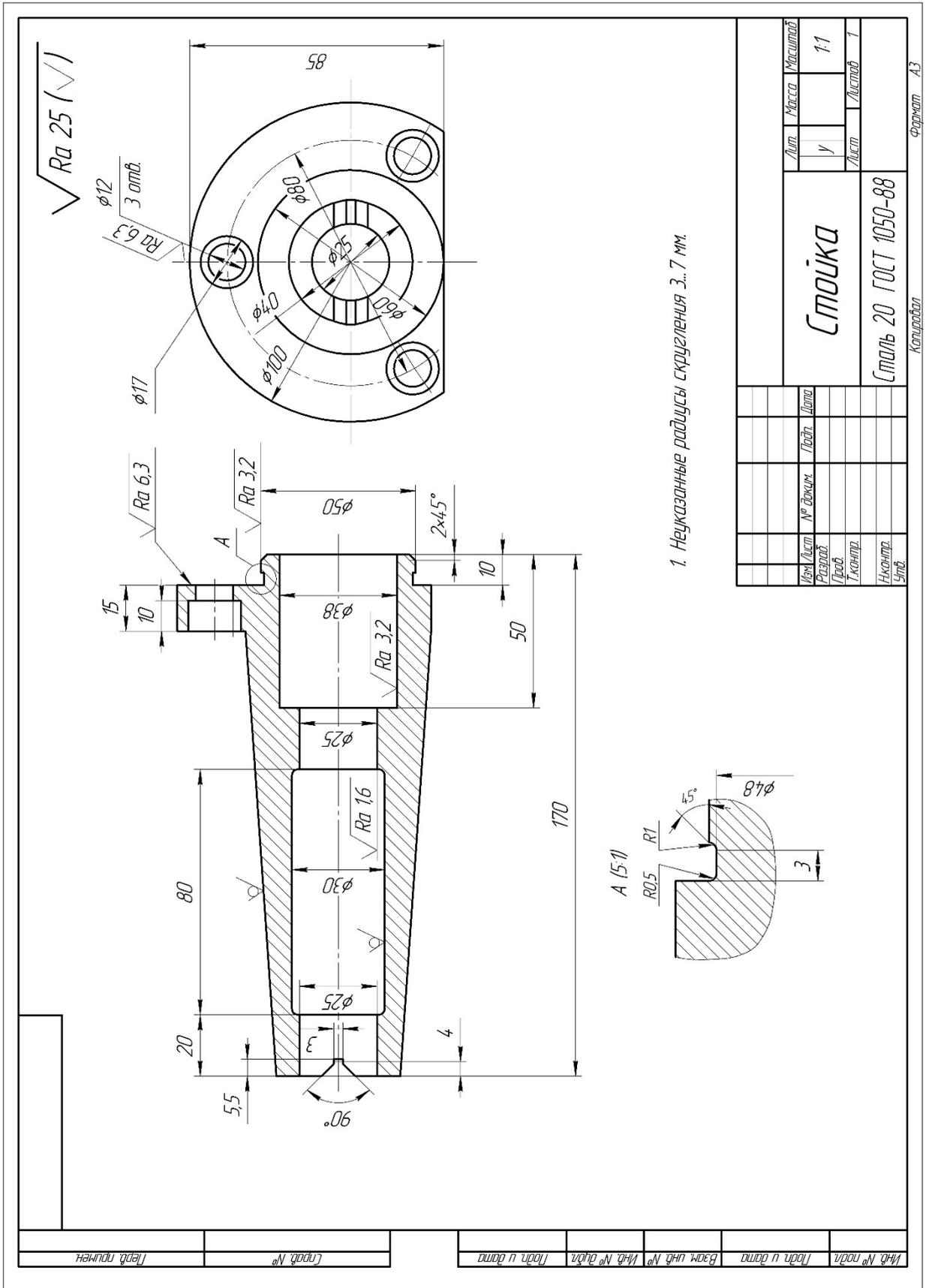
Валы/оси/втулки – детали, изготавливаемые преимущественно на металлорежущих станках токарной группы, и по конструкции схожи. Они представляют собой комбинации поверхностей вращения, имеющих общую ось. В машиностроении отдельным конструктивным элементам валов и осей свойственны специфические названия. Эти элементы в той или иной степени имеются на этих типовых деталях и определяют содержание их чертежей. Многие конструктивные элементы стандартизованы, т.е. их форма и размеры зависят от основных размеров валов (например, диаметров).

На рисунке 10 приведены некоторые из них.

Буртик – кольцевое утолщение вала, составляющее с ним одно целое. Буртики препятствуют продольному перемещению вала вдоль своей оси. Плоские поверхности буртика называют *заплечиками*.

Галтель – криволинейная поверхность плавного перехода от меньшего сечения вала к плоской части заплечика или буртика. Галтели применяют для повышения прочностных свойств валов, осей в местах перехода от одного диаметра к другому.

Лыска – плоский срез на цилиндрической, конической или сферической части детали. Предназначается для удержания вала гаечным ключом либо для предотвращения увода сверла при сверлении в валу поперечных отверстий.



1. Неуказанные радиусы скругления 3...7 мм.

Изм. Лист	№ докум.	Лист	Дата	Лит.	Масса	Масштаб
Разработ.	Провер.	Контр.	Исполн.			
				1		1:1
				1		1
				Сталь 20		ГОСТ 1050-88

Стойка

Формат А3

Копировал

Рисунок 9 – Рабочий чертеж «Стойка»

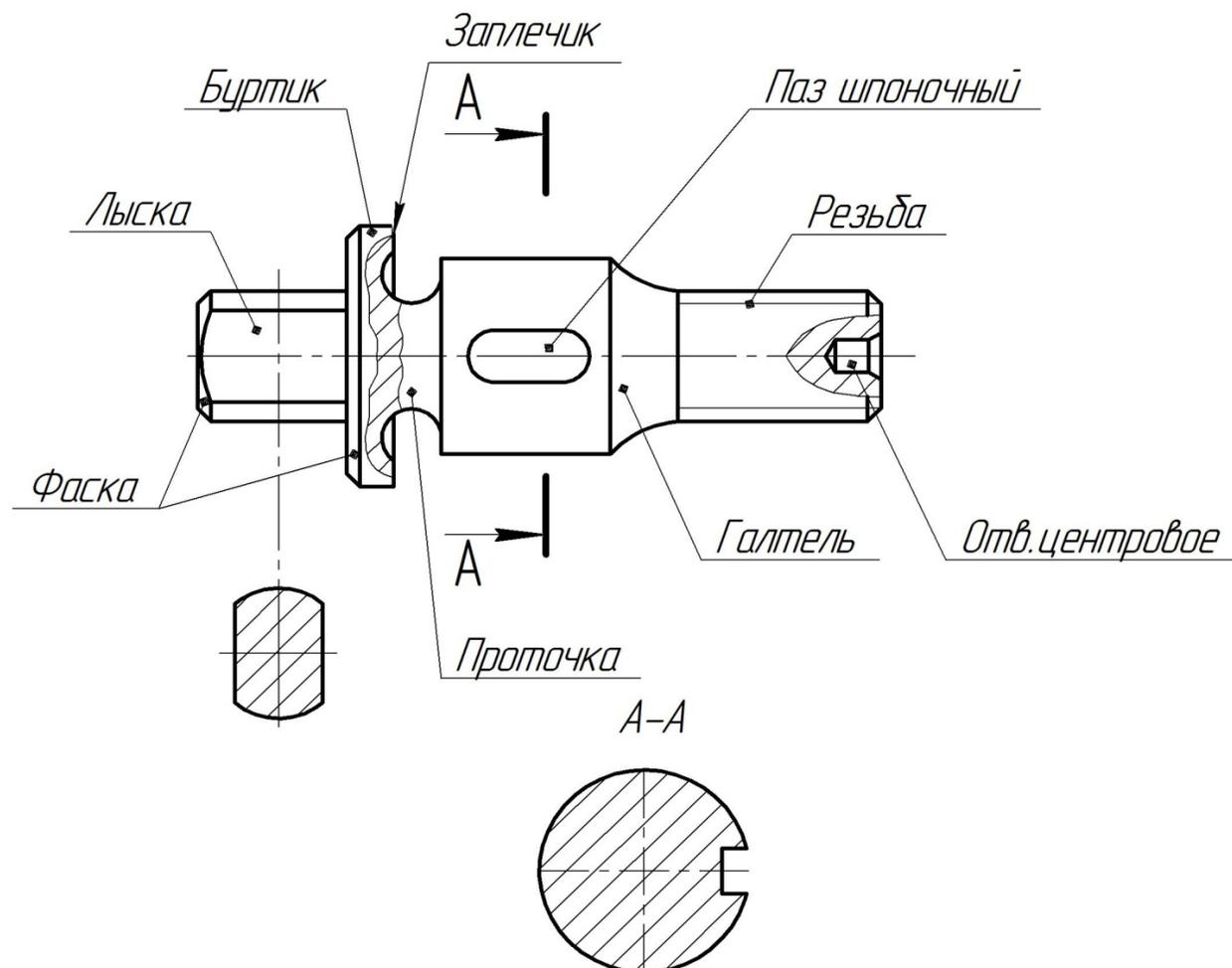


Рисунок 10 – Конструктивные элементы вала

Отверстие центровое – отверстие в торце вала, применяемое для установки детали в центрах при обработке на токарных и круглошлифовальных станках.

Паз – прорезь в виде фрезерованной канавки на деталях машин. В данном случае шпоночный паз на валу. *Проточка* – кольцевой желобок на стержне или кольцевая выточка в отверстии, технологически необходимая для выхода резьбонарезного инструмента, шлифовального круга и т. п.

Резьба – поверхность, образованная при винтовом движении плоского контура. Служит для соединения деталей машин и механизмов.

Рифление – насечка на наружной поверхности вала в виде прямых рисок или сетки. Оно предотвращает проскальзывание пальцев при ручном завинчивании детали.

Фаска – скошенная кромка стержня, бруска, листа или отверстия. Например, фаска вала – это скошенная часть боковой поверхности у его торца, запечика или буртика. Фаски применяют для облегчения процесса сборки, предохранения рук от порезов острыми кромками (требования

техники безопасности), придания изделиям более красивого вида (требования технической эстетики).

Рабочие чертежи валов/осей/втулок имеют ряд особенностей выполнения [9, 10]:

1 – главное изображение располагают с горизонтальной осью, что соответствует технологическому процессу изготовления. Вид сверху и профильный, как правило, не приводят. Если же детали этого типа имеют развитую конструкцию, то главное изображение дополняется поперечными разрезами, выносными элементами, местными видами и т.п.

2 – при характеристике рифлений на изображении вала приводят лишь небольшой их фрагмент, от которого выносят условное обозначение (рисунок 11).

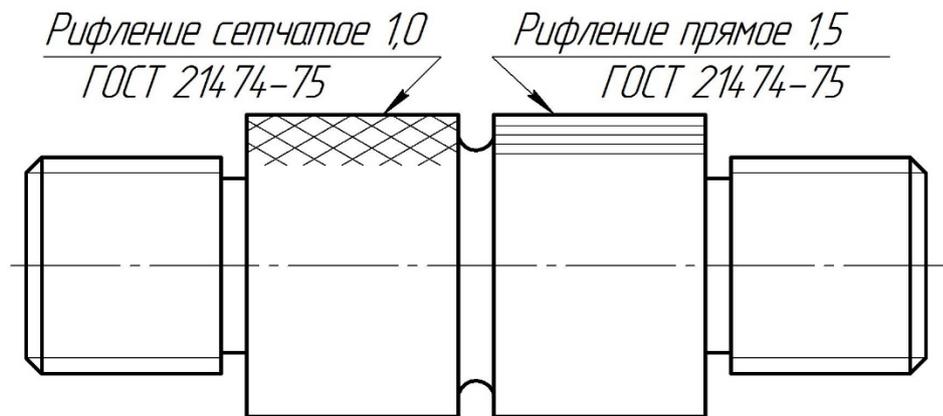


Рисунок 11 – Обозначение рифлений

3 – фаски предпочтительно использовать с углом конуса 45° (рисунок 12, а). Если же требуется иная фаска, то ее обозначение должно соответствовать вариантам рисунка 12, б).

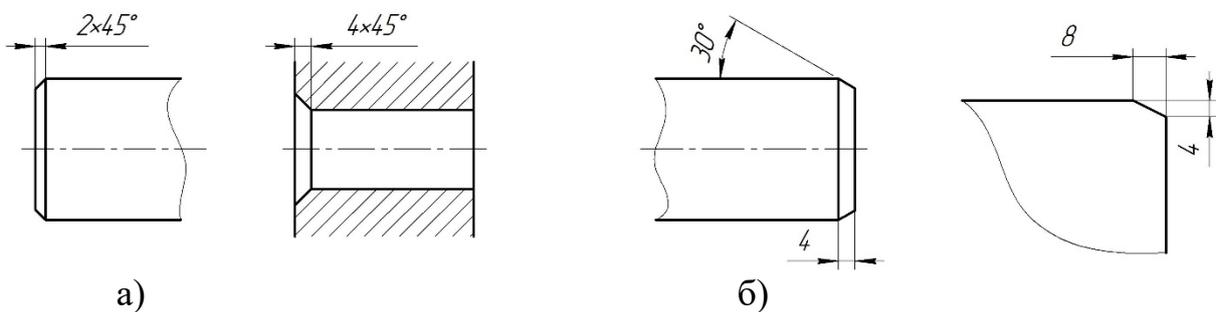


Рисунок 12 – Обозначение фасок

4 – профили шпоночных и шлицевых пазов, шестигранников и лысок с определением размеров «под ключ» показывают вынесенными поперечными сечениями по возможности вблизи рассматриваемого места (рисунки 1, 13). Размеры этих элементов стандартизованы.

Рабочие чертежи *шестерни/зубчатого* колеса имеют следующие особенности выполнения:

1 – на чертежах обязательно должна быть таблица параметров зубчатого венца для контроля точности его изготовления. Она помещается в правом верхнем углу чертежа, имеет стандартные размеры и содержание (рисунок 15). Количество строк таблицы определяется требованиями производства. В курсе инженерной графики можно обойтись лишь модулем, числом зубьев и делительным диаметром.

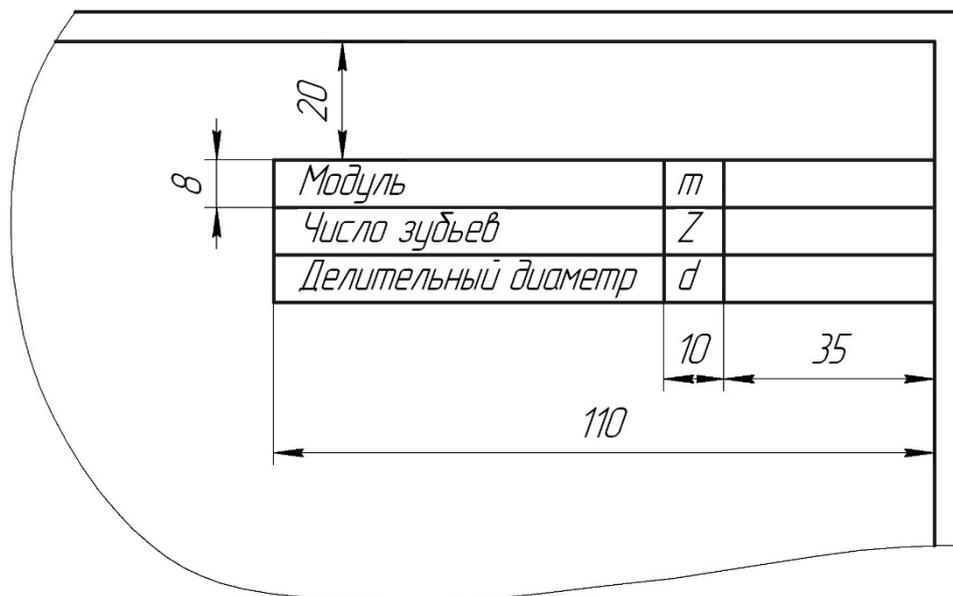


Рисунок 15 – Таблица параметров для рабочего чертежа зубчатого колеса

2 – зубчатые колеса на главном изображении показывают фронтальным осевым разрезом;

3 – считается, что фронтальная секущая плоскость проходит по впадине между зубьями независимо от их числа, т.е. зуб показывают условно не рассеченным;

4 – на виде слева, если деталь не имеет особых конструктивных особенностей, показывают лишь изображение отверстия со шпоночным или шлицевым пазом;

5 – положение делительной окружности на главном изображении (фронтальном разрезе) и на возможном виде слева показывают штрихпунктирной линией;

6 – для колес внешнего зацепления окружность вершин зубьев на виде слева показывают основной толстой линией, а окружность впадин – сплошной тонкой. Для зубчатых колес внутреннего зацепления их изображения обратные;

7 – радиальные размеры зубчатого венца определяются модулем (m) и числом зубьев (Z) по формулам:

– делительный диаметр:

$$d = m \times z; \quad (1)$$

– диаметр вершин зубчатого колеса:

$$d_a = m \times (z + 2); \quad (2)$$

– диаметр впадин:

$$d_f = m \times (z - 2,5); \quad (3)$$

Пример рабочего чертежа зубчатого колеса приведен на рисунке 16.

2.2 Нанесение размеров на рабочих чертежах деталей

После построения изображений рабочего чертежа наступает очередь их образмеривания. Эту работу рекомендуется проводить поэтапно. Вначале наносится сетка размерных и выносных линий (без простановки численных значений размеров), а затем осуществляют снятие со сборочного чертежа численных значений размеров и перенесение их на рабочий чертеж.

Чтобы не пропустить чего-либо и не определить величину какой-либо части детали наносить размеры следует по такому плану:

1 – вначале определяются *габаритные размеры детали*, т.е. ее длина, ширина и высота. Примером могут служить размеры 170, 100 и 85 мм чертежа «Корпуса» (рисунок 9);

2 – затем наносится группа *присоединительных и установочных размеров*. Присоединительными можно считать размеры, по которым деталь в сборочном чертеже образует с другими деталями подвижные и неподвижные соединения. Установочные – те размеры, по которым к детали предполагается устанавливать внешние к изделию детали, Примерами этих размеров могут служить на рисунке 13 диаметр 34 мм и длина 80 мм правого конца вала, размеры шпоночного паза, размеры шлицевого участка и т.д.;

3 – в последнюю очередь наносятся *прочие размеры*. Они определяют конструктивные особенности детали, например, диаметр 62 мм буртика вала на рисунке 13;

Подробные правила по нанесению размеров определены стандартом [2], но в качестве обобщенных рекомендаций можно выделить следующие:

1 – общее количество размеров на чертеже должно быть минимальным и в то же время достаточным для изготовления и контроля правильности ее изготовления;

2 – все имеющиеся изображения чертежа должны быть по возможности равномерно насыщены размерами;

3 – давать размеры от невидимых линий не рекомендуется;

4 – один и тот же элемент нельзя измеривать несколько раз;

5 – каждый размер наносят только один раз и на том ее изображении, где наиболее полно выражена форма соответствующего элемента. Исключением является простановка справочного размера. Он на чертеже должен быть помечен знаком звездочки (например, 25*), а в технических требованиях должна для него быть запись «1. * Размер для справок»;

6 – размеры для выносных стандартных конструктивных элементов должны быть нанесены так, как это рекомендовано соответствующими стандартами (рисунок 13);

7 – при нанесении размеров следует также помнить, что размерные числа независимо от масштаба изображений на сборочном чертеже должны соответствовать натуральной величине всех элементов детали;

На чертеже размеры наносятся также с учетом конструктивных особенностей работы детали и технологии ее изготовления. В процессе нанесения размеров используется понятие *размерных баз*. Размерными базами обычно являются опорные обработанные поверхности детали или ее главные оси симметрии.

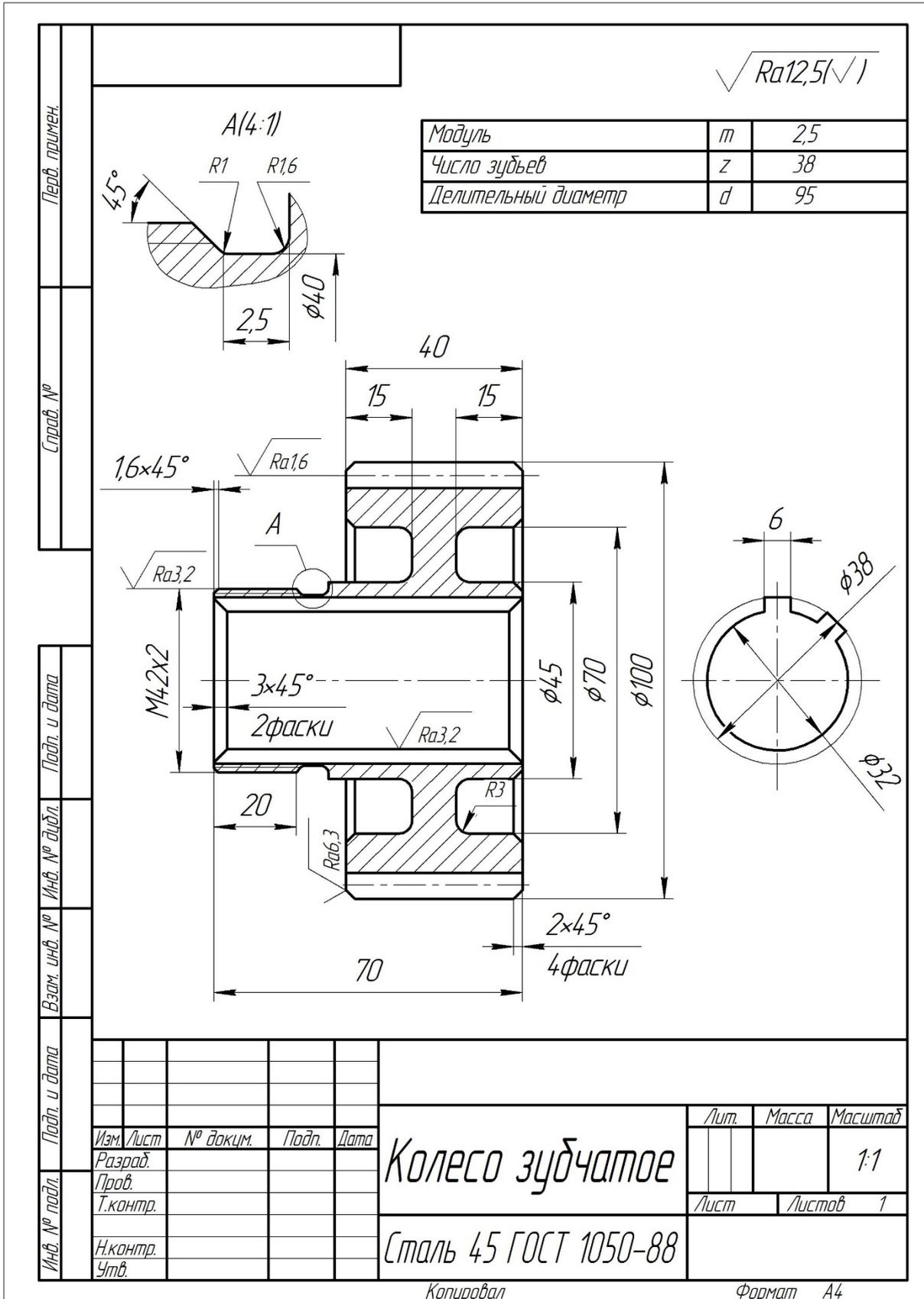
Базы бывают *конструкторские* и *технологические*. Необходимо стремиться к тому, чтобы при нанесении размеров конструкторские и технологические базы совпадали.

Конструкторская база – это поверхность, линия или точка, по отношению к которой определяется положение других поверхностей детали при ее конструировании.

Технологическая база – это поверхность, линия или точка, относительно которых удобно определять положение других поверхностей этой детали при изготовлении.

Существуют следующие способы нанесения размеров на чертежах деталей: *цепной*, *координатный* и *комбинированный*.

Цепной способ заключается в последовательном расположении размеров, «цепью». Не следует цепь замыкать, например, при известной длине всего вала один из наименее ответственных размеров нужно опустить. В противном случае выдержать требуемую точность размеров затруднительно (рисунок 17, а).



Перв. примен.
Справ. №

Подп. и дата
Изм. № докум.
Взам. инв. №

Подп. и дата
Изм. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разрад.				
Пров.				
Т.контр.				
Н.контр.				
Утв.				

Лит.			Масса	Масштаб
Колесо зубчатое				1:1
Лист		Листов		1
Сталь 45 ГОСТ 1050-88				

Копировал

Формат А4

Рисунок 16 – Пример рабочего чертежа зубчатого колеса

Координатный способ заключается в привязке размеров элементов детали к какой-то выбранной базе, например, А на рисунке 17, б. В этом случае каждый размер служит координатой, которая определяет расстояние элемента детали от данной базы. Этот способ получил распространенное применение в конструкторской практике.

Комбинированный способ представляет собой сочетание элементов цепного и координатного способов. На рисунке 17, в показан пример комбинированного способа нанесения размеров.

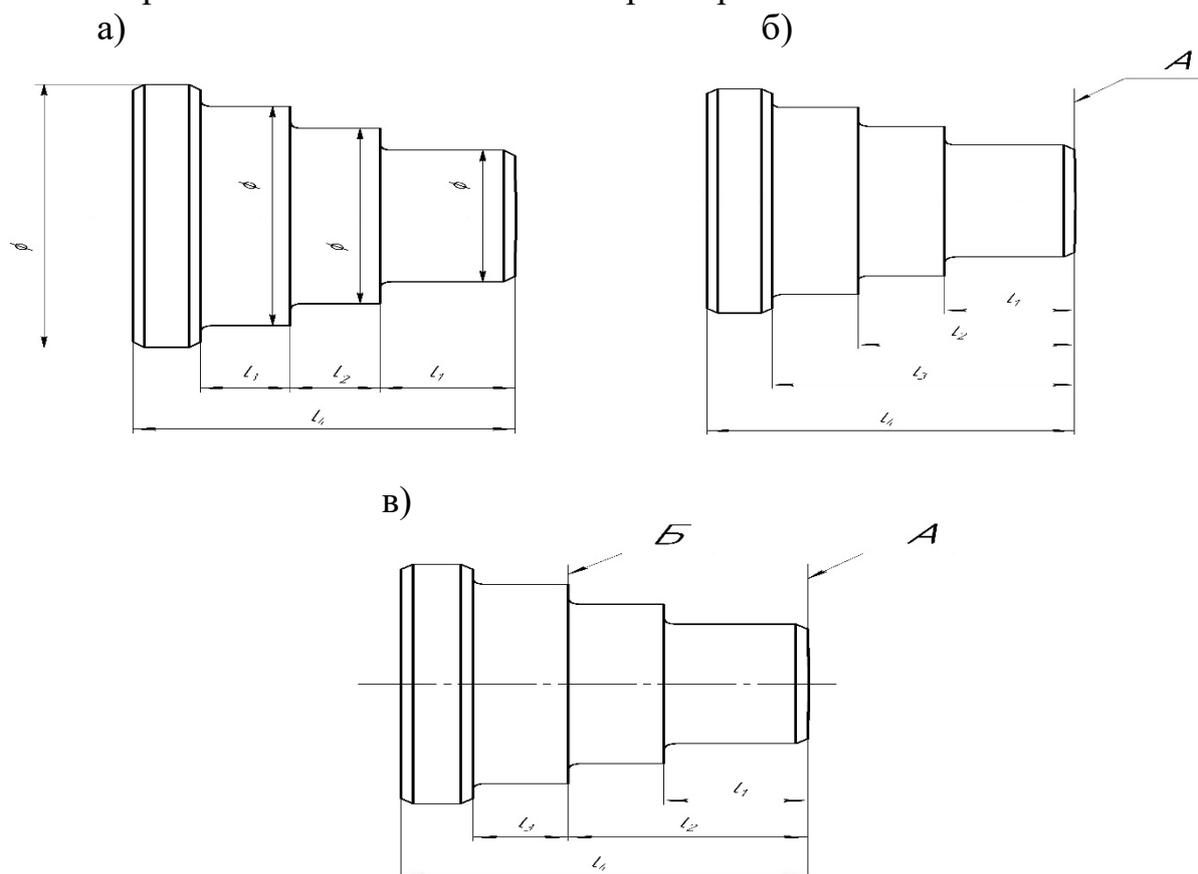


Рисунок 17 – Способы нанесения размеров

2.3 Определение численных значений размеров по сборочному чертежу

Определение численных значений размеров деталей является важной частью подготовки конструкторской документации на изделие. Если эта работа будет проведена скрупулезно, то сборка изделия пройдет без выполнения подгоночных операций, быстро и не сложно.

Как правило, часть размеров, относящихся к детали, уже указана на сборочном чертеже изделия.

Другие можно определить по сопрягаемым с ней деталям. Это посадочные места под стандартные изделия, например, подшипники, стопорные и уплотнительные кольца, манжеты, различные крепежные

детали с резьбой и т.п. Типоразмер этих стандартных изделий указан в спецификации для сборочного чертежа в виде их условного обозначения, а численные значения требуемых размеров сопрягаемых поверхностей приведены в справочной литературе.

Остальные же размеры снимаются со сборочного чертежа с помощью замеров. Следует помнить, что сборочные чертежи в процессе подготовки документации могут выполняться в масштабах уменьшения, а затем неоднократно копироваться. Поэтому не всегда замеренные на них размеры будут соответствовать действительным, требуемым размерам детали. Кроме того, изображения некоторых деталей приводятся на сборочном чертеже с разрывом. Поэтому снятые размеры необходимо корректировать.

Существует два способа корректировки – *расчетный и графический*.

Расчетный способ заключается в определении коэффициента искажения изображений сборки. Для его определения отмечается известная со сборочного чертежа натуральная величина размера, и далее она делится на снятую с помощью линейки величину размера. Затем измеренные на изображениях детали размеры умножаются на этот коэффициент и округляются. Чтобы точность была выше, рекомендуется определение коэффициента искажения провести несколько раз с разными размерами.

Графический способ состоит в работе с графиком пропорционального масштабирования. Для его построения вдоль оси OY откладывается несколько значений натуральных величин известных по сборке размеров, а вдоль оси OX им соответствующих измеренных размеров. Вид построенного графика будет практически прямой наклонной линией. Чтобы найти искомое значения размера элемента детали, надо его измерить на сборочном чертеже, отложить вдоль оси OX , и через график искажения определить ему соответствующее действительное значение на оси OY . Пример работы с графиком пропорционального масштабирования показан на рисунке 18.

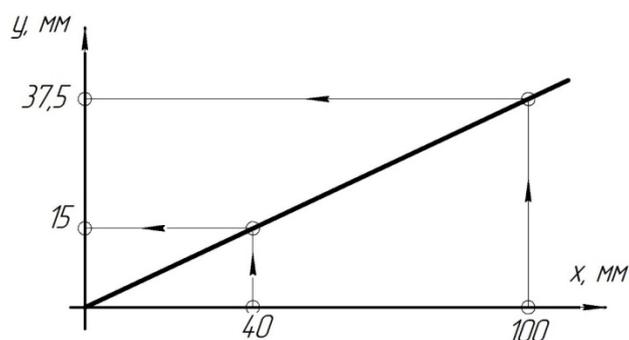


Рисунок 18 – График пропорционального масштабирования

2.4 Определение шероховатости поверхностей при детализировании

Кроме изображений, характеризующих конструкцию детали, и размеров, определяющих ее величину, на каждом рабочем чертеже должно обязательно оговариваться и качество ее поверхностей. Реальные очертания любой поверхности далеки от идеальных. На ней имеются многочисленные микроскопические риски, раковины, неровности, получаемые в результате отрыва частичек металла и движения инструмента при металлообработке. В некоторых случаях такие деформации в значительной степени влияют на надежность работы детали и всего изделия в целом.

Для определения качества поверхностей деталей применяется понятие *шероховатости*, под которым подразумевается совокупность макро- и микронеровностей, образующих ее рельеф. Правила ее обозначения на чертежах подробно оговорены в стандарте [3].

2.4.1 Общие сведения о шероховатости

Если отдельный участок обработанной поверхности детали многократно увеличить, то геометрия его рельефа будет характеризоваться повторяющимися выступами и впадинами рисунок 19. Систематизируя эти пики на некоторой базовой длине l , величина которой прямо пропорционально зависит от высоты микронеровностей, ГОСТ 2789-73 устанавливает шесть основных параметров шероховатости.

Высотные: R_a – среднее арифметическое отклонение профиля;

R_z – высота неровностей по 10-ти точкам;

R_{max} – наибольшая высота профиля.

Шаговые: S – средний шаг неровностей по вершинам;

S_m – средний шаг неровностей по линии m ;

t_p – относительная опорная длина.

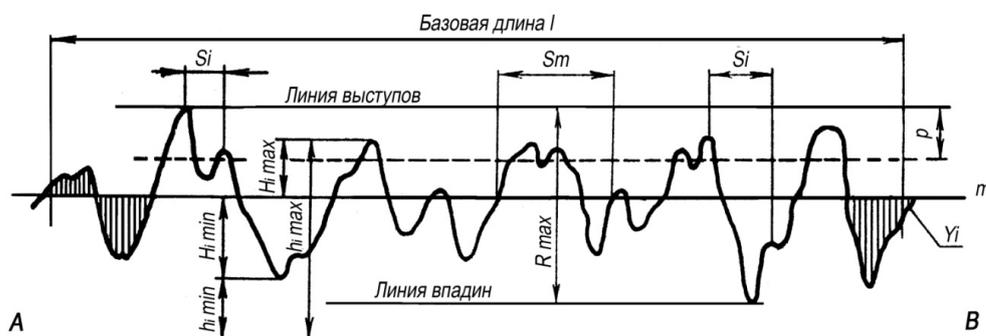


Рисунок 19 – Обобщенный микрорельеф обработанной поверхности

В конструкторской практике чаще применяются *средняя высота микронеровностей* и *среднее арифметическое отклонение профиля*.

Средняя высота микронеровностей Rz определяется как среднеарифметическое значение высот микронеровностей ($R1, R2, R3, \dots, R10$) от гребня до впадин (рисунок 19) по десяти точкам:

$$Rz = \frac{R1 + R2 + R3 + \dots + R10}{10}$$

Среднее арифметическое отклонение профиля Ra представляет собой среднее значение $y1, y2, y3, \dots, yn$ расстояний до средней линии m

$$Ra = \frac{y1 + y2 + y3 + \dots + yn}{n},$$

где n – число замеров на базовой длине l .

Средняя линия m выбрана таким образом, что делит профиль на примерно равные по площади части.

Значения параметров шероховатости ГОСТ 2789-73 группирует по 14-ти классам, называемыми иногда «классами чистоты». Существуют также примерные соотношения параметров Rz и Ra , таблица 1.

Кроме того, различные способы обработки детали позволяют получить и различную шероховатость ее поверхностей. Наиболее распространенные способы металлообработки с получаемой после них шероховатостью показаны на рисунке 20, а более подробные данные приведены в таблице 2.

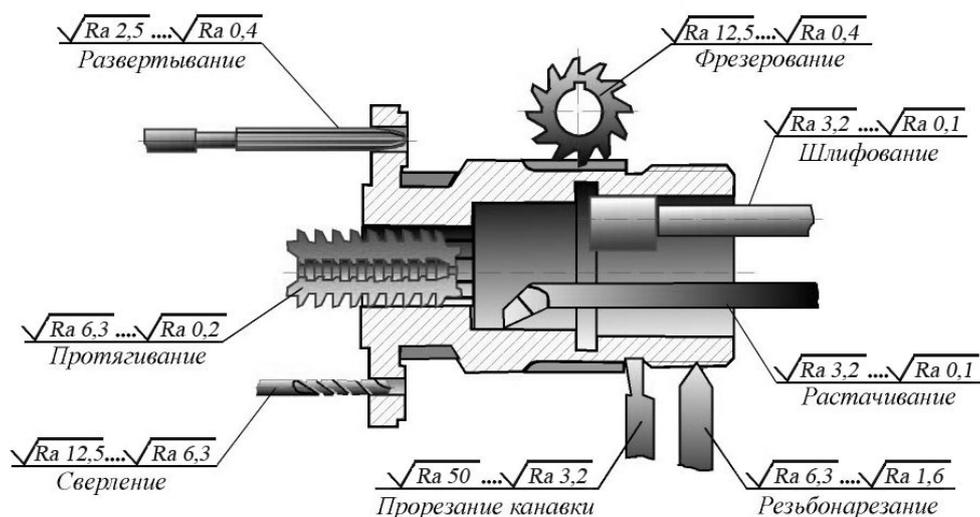


Рисунок 20 – Ориентировочное определение параметров шероховатости в зависимости от вида металлообработки

Таблица 1 – Примерные соотношения классов шероховатости и параметров Ra , Rz и l

Класс шероховатости	Ra , мкм	Rz , мкм	l , мм
14	–	–	0,03
12; 13	до 0,025	до 0,10	0,08
8; 9; 10; 11	св. 0,025 до 0,4	св. 0,10 до 1,6	0,25
6; 7	св. 0,4 до 3,2	св. 1,6 до 12,5	0,8
4; 5	св. 3,2 до 12,5	св. 12,5 до 50	2,
1; 2; 3	св. 12,5 до 100	св. 50 до 100	8,0

Таблица 2 – Шероховатость поверхности и возможные способы ее получения

Класс	Ra , мкм	Rz , мкм	Внешний вид поверхности	Возможный способ получения поверхности	Примеры поверхностей на деталях
1	100	400	Черновая: образованная без удаления слоя материала	Отливка, ковка, штамповка, прокатка.	Поверхности деталей машин и аппаратов, не соприкасающиеся с другими поверхностями.
2	50	200	Грубая: обдирочная, с грубыми следами обработки	Обдирочное точение, сверление, фрезерование. Обработка напильником, абразивным обдирочным кругом.	Отверстия из-под сверла на проход и под нарезку. Соприкасающиеся поверхности крышек и фланцев котлов, резервуаров и т. п.
3	25	100			
4	12,5	50			
5	6,3	25,0	Получистая: с малозаметными следами обработки	Чистовое точение, сверление, фрезерование. Опиливание личным напильником. Литье в кокиль и по восковым моделям, штамповка.	Наружные поверхности шкивов, втулок подшипников качения и скольжения.
6	3,2	12,5			
7	1,6	6,3			
8	0,8	3,2	Чистая: без видимых следов обработки	Отделочное точение и растачивание. Чистовое и тонкое развертывание. Шлифование чистовое, полирование обычное.	Поверхности цилиндров ДВС, опорные поверхности клапанов и их седел, шейки и цапфы валов под подшипники качения.
9	0,4	1,60			
10	0,2	0,80			
11		0,40	Весьма чистая	Тонкое шлифование и полирование. Ручные и доводочные процессы. Притирка тонкая.	Вращающиеся и скользящие поверхности машин-двигателей, особо ответственных измерительных инструментов.
12	0,100	0,100			
13	0,025	0,050			
14	0,012	0,025			

2.4.2 Обозначение шероховатости на чертежах

В общем случае для обозначения шероховатости применяют один из знаков, изображенных на рисунке 21:

- знак  используется тогда, когда конкретный способ обработки детали не устанавливается;
-  применяется в случае, когда с поверхности удаляется слой металла (например, сверление, точение, фрезерование и т.п.);
-  используется тогда, когда поверхность обработана без снятия слоя металла (например, литье, ковка, штамповка и т.д.) или обработка данной поверхности по данному чертежу не предусмотрена.

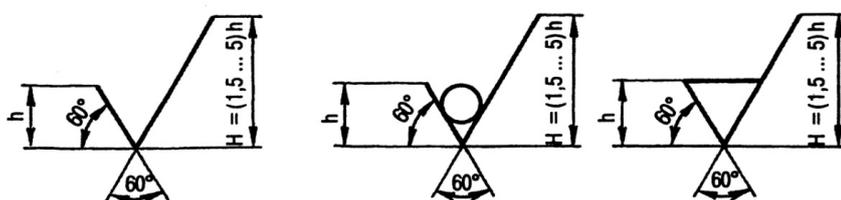


Рисунок 21 – Знаки, применяемые для обозначения шероховатости

Высота знаков должна быть приблизительно равна высоте размерных чисел чертежа, а толщина линий знаков – половине толщины основной линии.

Рядом со знаком шероховатости приводятся обозначение параметра и его величину. Структура их записи поясняется на рисунке 22. Чаще всего возле знака шероховатости приводят значения средней высоты микронеровностей Rz или среднеарифметического отклонения профиля Ra , причем параметр Ra является предпочтительным, как более точный.

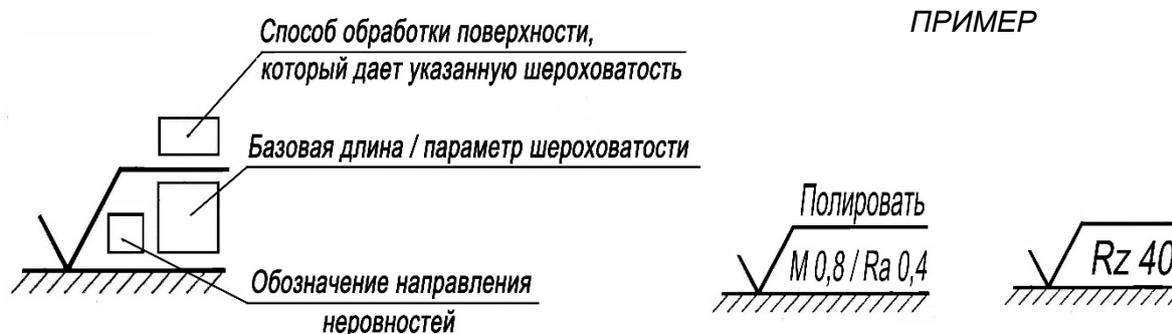
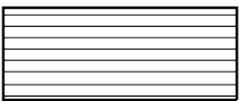
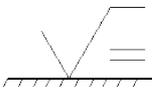
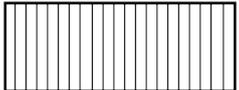
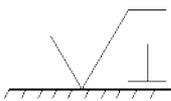
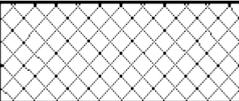
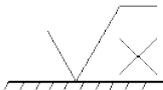
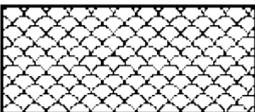
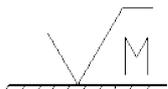
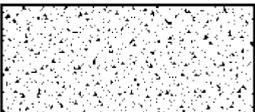
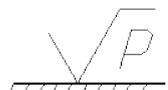
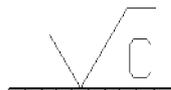


Рисунок 22 – Структура записи знака и параметров шероховатости

Во избежание путаницы с отнесением шероховатости к тому или иному классу рекомендуется на одном чертеже употреблять либо параметры Ra , либо Rz .

Направление рисок микронеровностей рядом со знаком шероховатости приводится в том случае, когда оно имеет существенное значение для работоспособности детали и изделия в целом. Виды направлений и возможные примеры их использования приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Направления микронеровностей поверхностей

Типы направлений	Обозначение	Возможное применение
<i>Параллельное</i> 		Направляющие токарных станков
<i>Перпендикулярное</i> 		Шейки валов под радиальные и радиальноупорные подшипники
<i>Перекрещивающееся</i> 		Гильзы цилиндров ДВС
<i>Произвольное</i> 		Как декоративное
<i>Ненаправленное</i> 		Пескоструйная и дробеструйная обработка
<i>Кругообразное</i> 		Торцевые поверхности валов под упорные подшипники
<i>Радиальное</i> 		Как декоративное

2.4.3 Нанесение обозначений шероховатости на рабочие чертежи

В общем случае знаки шероховатости на рабочих чертежах помещают:

- на имеющихся изображениях детали;
- в правом верхнем углу чертежа;
- в технических требованиях над штампом основной надписи.

При обозначении шероховатости прямо на изображениях ее знаки рекомендуется располагать относительно основной надписи так, как показано на рисунке 23, используя для этого линии контура и их продолжение, выносные линии или линии-выноски. Допускается при недостатке места разрывать выносную линию.

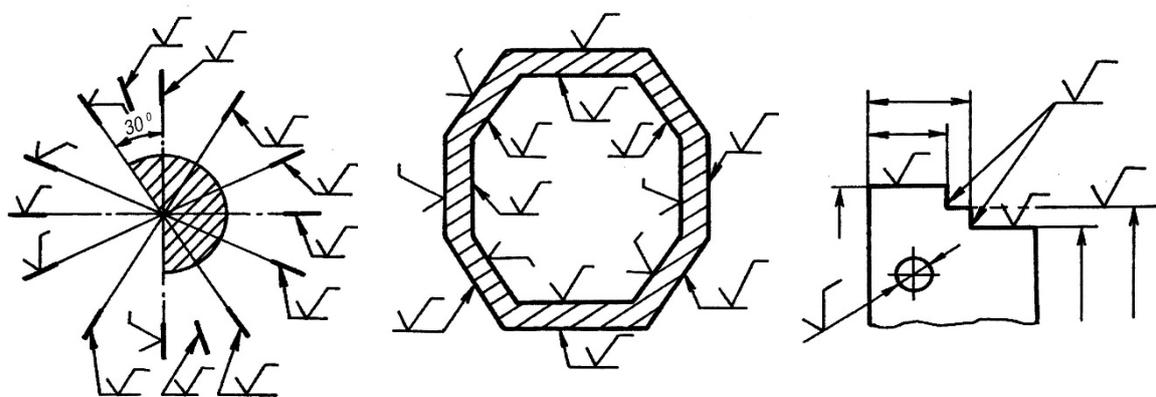


Рисунок 23 – Расположение знаков шероховатости на изображениях чертежа

На изображении детали с разрывом обозначение шероховатости наносится на одну часть детали, по возможности ближе к размерному числу (рисунок 24, а). Если на отдельных участках детали шероховатость одной и той же поверхности должна быть различной, то эти участки разграничивают сплошной тонкой линией с нанесением соответствующего размера и обозначений шероховатости, причем, через зону штриховки тонкую линию не проводят (рисунок 24 б, в).

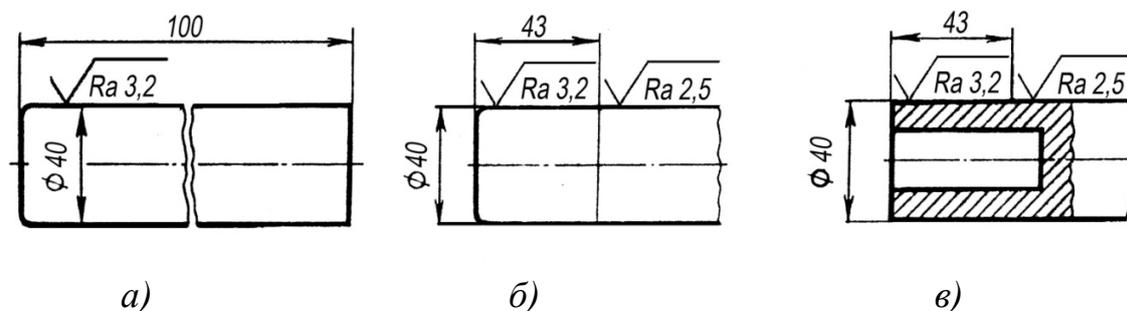


Рисунок 24 – Примеры нанесения знаков шероховатости

Поверхности, обработанные по всему контуру одинаково, обозначают один раз со знаком окружности (диаметр 4...5 мм). Если переходы поверхностей контура плавные, то знак окружности не приводят (рисунок 25).

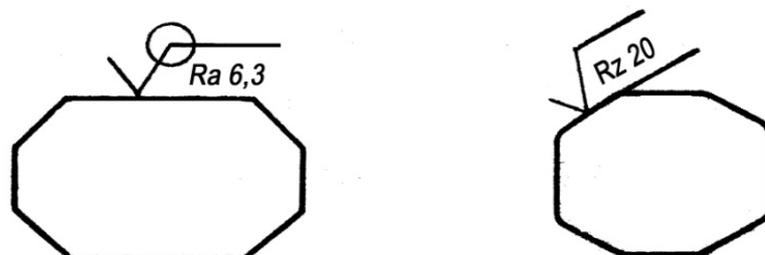


Рисунок 25 – Обозначение шероховатости по контуру детали

Шероховатость рабочих поверхностей зубьев зубчатых колес и эвольвентных шлицев, если на чертеже не дается их профиль, условно обозначают на линии делительной окружности (рисунок 26 а, б), а резьбы – на выносной линии (рисунок 26, в).

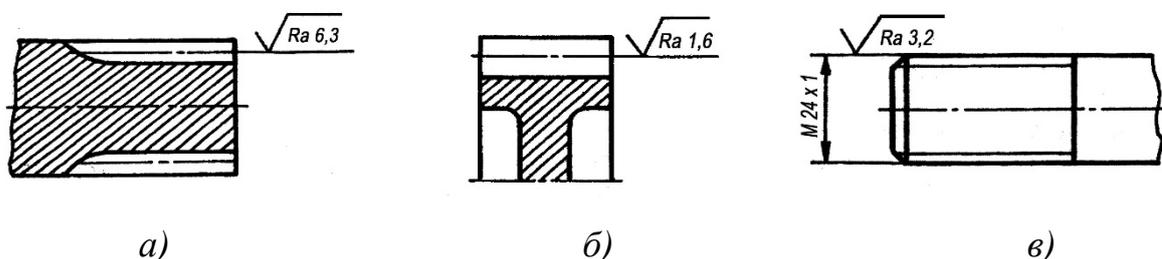


Рисунок 26 – Обозначение шероховатости на шлицах, зубьях и резьбе

Если шероховатость всех поверхностей одинакова или имеются поверхности с преобладающим ее значением, знаки шероховатости могут помещаться в правом верхнем углу чертежа на расстоянии 5...10 мм от внутренней его рамки (рисунок 27). Размеры и толщина линий таких знаков, должны быть в 1,5 раза больше, чем знаков, нанесенных на изображениях. Размеры знака, взятого в скобки, - такие же, как и на изображении.

Комбинация знаков $\sqrt{Rz40(\sqrt{Ra})}$ читается следующим образом: «Поверхности детали, кроме мест, указанных особо, имеют шероховатость Rz 40».

3 Пример выполнения детализования сборочного чертежа

На рисунке 28 приведен чертеж общего вида шестеренного насоса, по которому требуется выполнить рабочие чертежи деталей поз.1 и поз.2. Поставленная задача решается последовательным чтением сборочного чертежа и его детализованием по вышеописанному порядку.

Уяснение назначения и принципа работы изделия.

На основании записи в штампе основной надписи изделием является шестеренный насос. Его назначение и порядок работы кратко описывается в тексте на чертеже. Из чего следует, что детали поз.1, 2, 3, 6 являются корпусными, детали поз. 4,5 относятся к типу валов с зубчатыми венцами.

Определение габаритных, присоединительных и установочных размеров. Определение формы соединений деталей.

Насос имеет высоту 267,5 мм, длину 270 мм и ширину немного больше 200 мм. Он предположительно должен крепиться к какой-то станине с помощью метизных изделий, вставляемых в четыре отверстия диаметром 17 мм. Их межцентровые расстояния 115x200 мм. Конец его вала-шестерни, куда будет осуществляться привод, имеет диаметр 40 мм и длину 60 мм. Стяжка всех деталей насоса осуществляется с помощью восьми шпилек М10x50, вворачиваемых в корпус. Жесткое позиционирование корпусных деталей между собой обеспечивается установкой четырех штифтов 8x30. Два отверстия для подвода и отвода рабочей жидкости имеют резьбу М36x2. Шипы вала-шестерни и колеса ведомого образуют в крышках, поз. 2 и поз.3, подвижные пары трения-скольжения цилиндрической формы.

Определение комплектности насоса.

На основании таблицы перечня, приведенной на чертеже общего вида, в состав насоса входит 10 нестандартных деталей и стандартные изделия пяти наименований. К ним относятся по 12 гаек М10, шайб плоских посадочным диаметром 10 мм и шпилек М10x50. А также четыре штифта 8x30 и одна шпонка размерами 12x8x50.

Установление порядка сборки-разборки насоса.

Вначале в корпус, поз.1, с левой стороны забиваются два штифта и заворачиваются шесть шпилек. Затем на них накладывается картонная прокладка, поз.9, и крышка, поз.3. Их плотное прижатие к корпусу осуществляется пружинными шайбами и гайками, наворачиваемыми на шпильки. После этого с правой стороны в корпус забиваются два штифта, заворачиваются шесть шпилек и вставляются вал-шестерня, поз.5, и колесо ведомое, поз.4. На них также накладываются картонная прокладка и крышка, поз.2. Усилие затяжки должно быть таким, чтобы обеспечивалось прокручивание «от руки» вала-шестерни.

МЧ КГ 200.000. СБ

Шестеренный насос предназначен для перекачивания жидкостей (масел). Основными рабочими органами насоса являются два входящих в зацепление зубчатых колеса. Верхний вал-шестерня 5 при помощи муфты (на чертеже не показана) соединен с валом электродвигателя. Крышки 2 и 3 соединяются с корпусом 1 двенадцатью шпильками 13 и гайками 11 они центрируются относительно корпуса цилиндрическими штифтами 15. В месте выхода из корпуса вал-шестерни 5 имеется уплотнение 10 предотвращающее вытекание жидкости через зазор между валом и втулкой 8. Уплотнение состоит из трех вальцовых пропитанных маслом колец. Коильца прижимаются к поверхности вала при помощи втулки 7 и гайки 6.

Задание

1. Прочитать чертеж общего вида.
2. Выполнить чертежи деталей 1, 2.

Контрольные вопросы

1. Назовите оригинальные и стандартные детали.
2. Назовите конструктивные элементы оригинальных деталей.

№	Обозначение	Наименование	Кол-во	Примечание
		<i>Документация</i>		
	МЧ КГ 200.000. СБ	Сборочный чертеж		
		<i>Детали</i>		
1	МЧ КГ 200.001	Корпус	1	АК7
2	МЧ КГ 200.002	Крышка	1	АК7
3	МЧ КГ 200.003	Крышка	1	АК7
4	МЧ КГ 200.004	Колесо Вал-шестерня m=5, z=15	1	Сталь 45
5	МЧ КГ 200.005	Вал-шестерня m=5, z=15	1	Сталь 45
6	МЧ КГ 200.006	Гайка крепежная	1	Сталь 45
7	МЧ КГ 200.007	Втулка	1	СЧ 15
8	МЧ КГ 200.008	Втулка	1	СЧ 15
9	МЧ КГ 200.009	Прокладка	2	Капрон
10	МЧ КГ 200.010	Кольцо ГТ 50x65x8	3	Вольфрам
		<i>Стандартные изделия</i>		
11		Гайка М165 ГОСТ 5935-70	12	
12		Шпилька 102105 ГОСТ 10371-68	12	
13		Шпилька М16x50.58 ГОСТ 22034-76 12	12	
14		Шпилька 12x8-50 ГОСТ 23360-68	1	
15		Штифт 6x8-30 ГОСТ 3128-70	4	

МЧ КГ 200.000. СБ		Лист	Масса	Масштаб
Насос шестеренный				1:1
Сборочный чертеж		Лист	Листов	1

Изм./Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.			
Проаб.			
Т.контр.			
Н.контр.			
Утв.			

Копировать Формат А3

Рисунок 28 – Пример задания по детализированию

Представление конструкции и размеров детали «Корпус», поз.1.

«Корпус» присутствует на всех изображениях сборочного чертежа (рисунок 28).

На главном изображении приводится половина вида спереди и половина фронтального разреза А-А, а также местный разрез по левому отверстию в его подошве. Видно, что это отверстие сквозное. Штриховка части корпуса, попавшей в разрезы, имеет направление линий «справа-налево-вверх». На этом изображении отмечены габаритный размер высоты корпуса (267,5 мм), межцентровое расстояние зубчатого зацепления вала-шестерни и колеса ведомого (75 мм), его привязка к нижней плоскости подошвы (115 мм), а также ширина расстояния по бобышкам, через отверстия которых протекает рабочая жидкость (масло).

На виде слева сборочного чертежа представлен ломаный разрез Б-Б. Отбрасывая изображения всех других деталей изделия, основываясь на направлении и шаге штриховки, видно, что изображение корпуса похоже на перевернутую букву «Г». В этот разрез попали штифты, сквозные отверстия под них имеют диаметр 8 мм, а также шпильки. Для них в корпусе также просверлены сквозные отверстия, имеющие вначале резьбу М30 глубиной 25 мм.

На виде сверху сборочного чертежа изображение корпуса частично заслоняются изображениями других деталей. Но здесь хорошо просматривается форма его нижней подошвы с приливами, где имеются сквозные отверстия диаметром 17 мм. Расстояния по их центрам имеет размеры 115x200 мм. Кроме того, видны отверстия с резьбой М36x2, куда предполагается вворачивать трубопроводы для подачи и отвода масла.

Представление конструкции и размеров детали «Крышка», поз.2.

Указанная «Крышка» также присутствует на всех изображениях сборочного чертежа (рисунок 28).

На главном его изображении она представлена лишь в левой части. Но здесь хорошо просматривается ее овальная конфигурация. Хорошо видны также места расположения установочных штифтов 8x30 мм, и шпилек М10x50. Отверстия для их равномерного размещения вдоль осевой (штрихпунктирной) линии и имеют размеры соответственно 8 мм и 10 мм. Кроме того, отмечено межцентровое расстояние 75 мм по осям цилиндрических выступов крышки.

На виде слева сборочного чертежа, в ломаном разрезе Б-Б, изображение крышки находится в правой части и имеет штриховку с направлением ее линий «слева-направо-вверх». На нем видно, что отверстия под установочные штифты и крепежные шпильки являются сквозными. Отверстие под правый шип шестерни ведомой глухое и цилиндрическое. Отверстие под выход шпоночного конца вала-шестерни имеет ступенчатую форму и также цилиндрическое. На наружной части выступа, через который проходит конец вала-шестерни, имеется резьба.

На виде сверху сборочного чертежа насоса крышка имеет ограниченное изображение, контуры которого можно представить с помощью ее штриховки.

Выполнение рабочих чертежей «Корпуса» и «Крышки» проведено с учетом вышеприведенных рекомендаций по определению количества и вида их достаточных изображений и нанесения размеров. Рабочие чертежи указанных деталей представлены на рисунках 31 и 32.

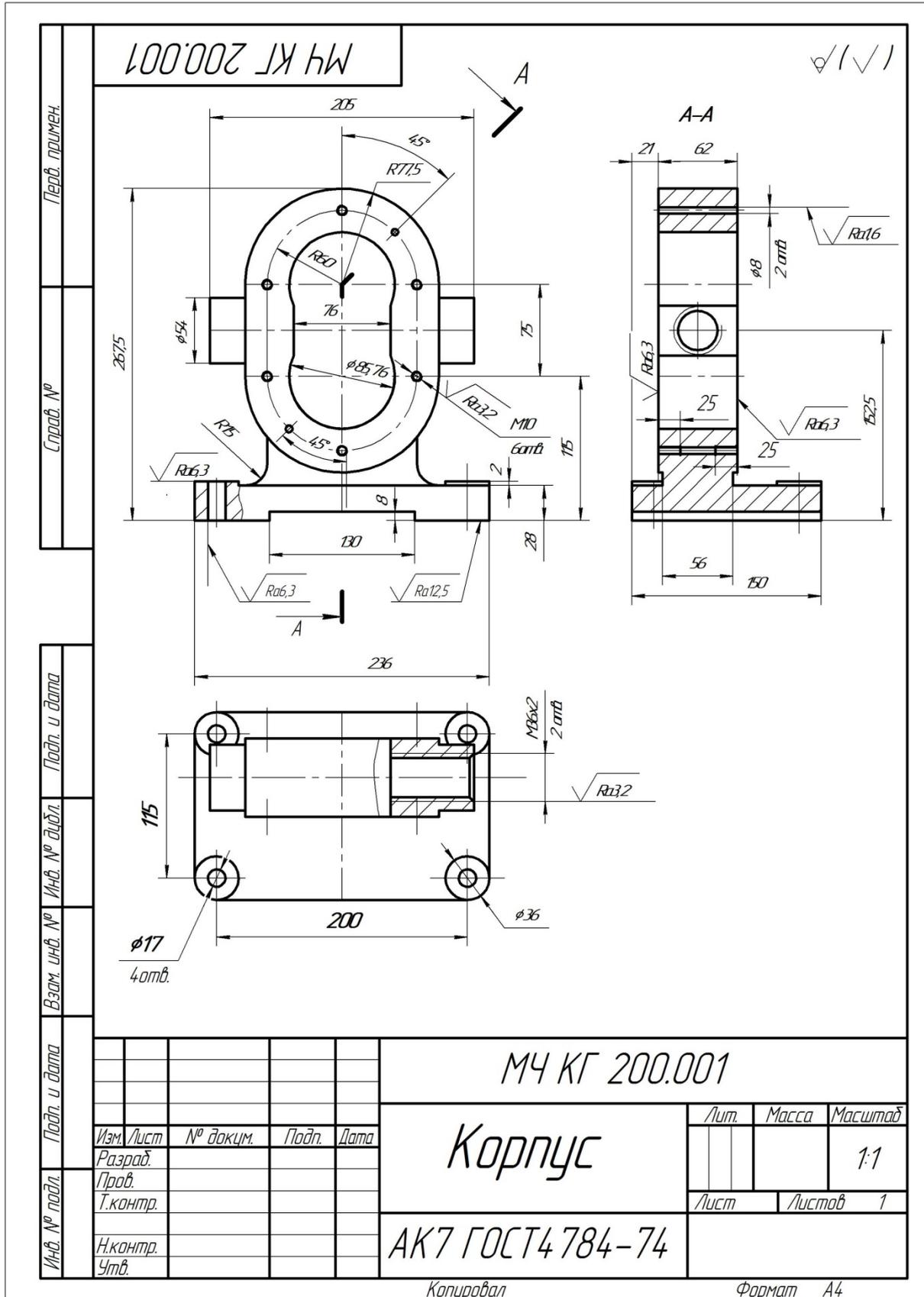


Рисунок 31 – Рабочий чертеж «Корпуса», поз.1.

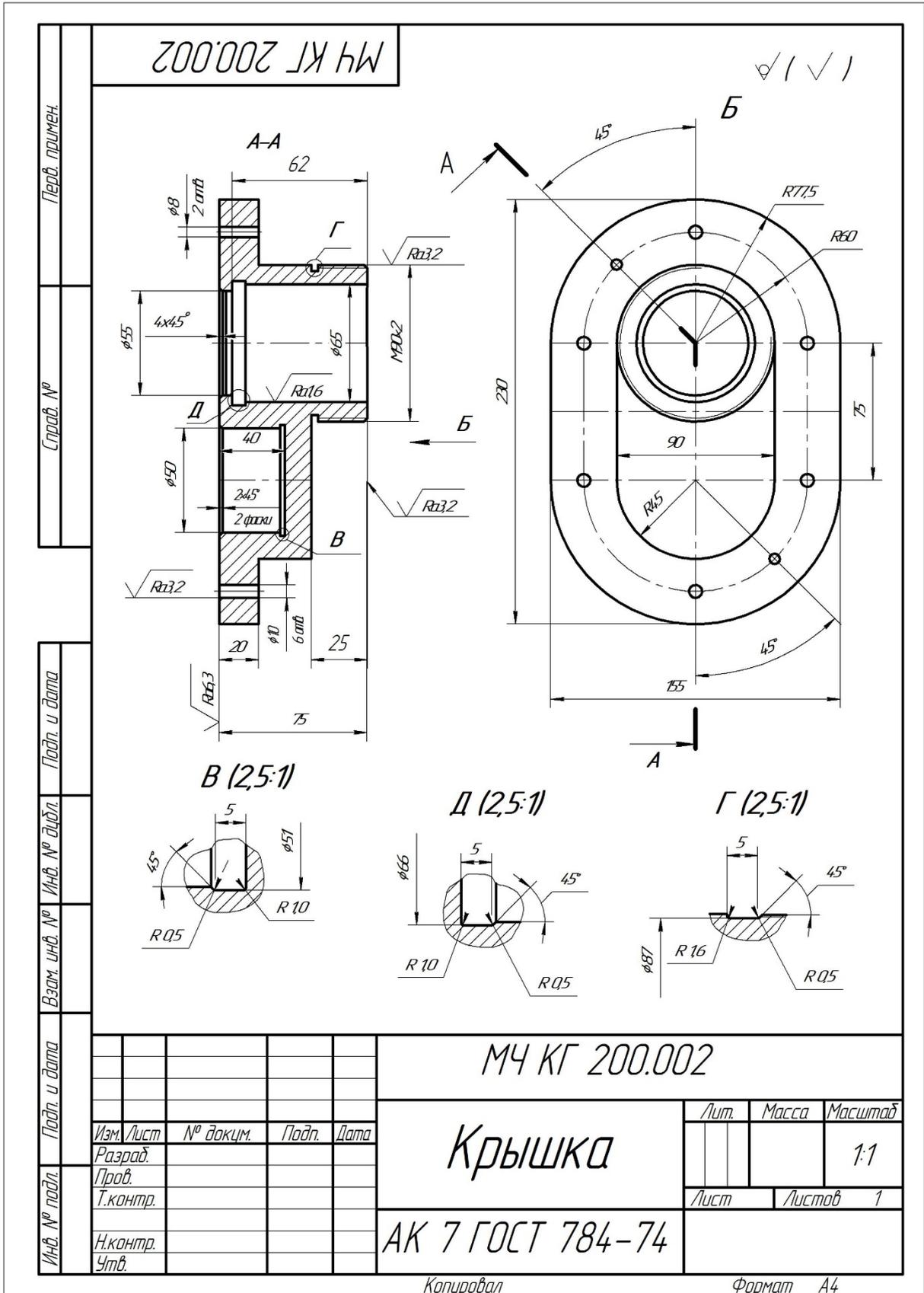


Рисунок 32 – Рабочий чертеж «Крышки», поз.2.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Учебный раздел «Детализирование чертежей общих видов» является заключительным в дисциплине «Инженерная графика». По нему студенты выполняют индивидуальное графическое задание, раздаточным материалом которого служат сборочные чертежи производства. Рассматривая их, студенты не только знакомятся с реальными учебными моделями, но и учатся работать со справочной литературой. Учебный процесс на данном этапе может быть успешно выполнен только на основе знаний проекционного метода построения изображений, способов нанесения размеров с учетом конструкторских и технологических баз, знакомства с типовыми соединениями деталей машин, а также конструкциями и чертежами реальных деталей.

При чтении чертежа общего вида изделия студенты учатся анализировать в комплексе все имеющиеся по нему изображения, пробуют находить на разных видах сборки изображения одной и той же детали, которые затем мысленно соединяют в единый образ, что отображается в конце в виде рабочего чертежа этой детали.

Дальнейшее приближение учебных чертежей к чертежам, выполняемым на производстве, будет происходить по мере накопления опыта выполнения графической конструкторской работы и освоения таких дисциплин, как «Детали машин», «Основы взаимозаменяемости», «Технология машиностроения» и ряда других общетехнических и специальных.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 2.102-2013 «Виды и комплектность конструкторских документов».
2. ГОСТ 2.307-68 Нанесение размеров и предельных отклонений.
3. ГОСТ 2.309-73 Обозначение шероховатости поверхностей.
4. ГОСТ 2.401-68 Правила выполнения чертежей пружин.
5. ГОСТ 2.403-75 Правила выполнения чертежей цилиндрических зубчатых колес.
6. ГОСТ 2.405-75 Правила выполнения чертежей конических зубчатых колес.
7. ГОСТ 2.420- 69 Условные изображения подшипников качения на сборочных чертежах.
8. ГОСТ 2.423-73 Правила выполнения чертежей элементов литейной формы и отливки.
9. **Новичихина, Л.И.** Справочник по техническому черчению / Л.И. Новичихина. – Мн.: Книжный Дом, 2004. – 320 с., ил.
10. **Чекмарев, А. А.** Инженерная графика. Машиностроительное черчение: учебник / А. А. Чекмарев. – Нальчик : ИНФРА-М, 2016. – 396 с.