

Министерство образования Российской Федерации

—
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Т.В.Маркова, И.М.Крыжановская

ШЕРОХОВАТОСТЬ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Методические указания

Санкт-Петербург
Издательство СПбГПУ
2006

УДК

Маркова Т.В., Крыжановская И.М. **Шероховатость поверхности**: Метод. указания. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2006, 32с.

В методических указаниях изложены основные теоретические понятия и рекомендации для нормирования шероховатости поверхностей, даны необходимые пояснения к ГОСТ 2789-73 «Шероховатость поверхностей. Параметры и характеристики» и к ГОСТ 2.309-73 «Обозначение шероховатости поверхностей». Содержит примеры оформления чертежей.

Предназначено для студентов I и II курсов всех специальностей, изучающих курс «Инженерная графика». Может быть использовано студентами старших курсов при выполнении курсовых и дипломных проектов.

Табл. 8. Ил. 20. Библ. 10 назв.

Печатается по решению редакционно-издательского совета Санкт-Петербургского государственного технического университета.

© Санкт-Петербургского государственного
технического университета, 2006

ВВЕДЕНИЕ

Результатом конструкторской деятельности является чертеж. В наше время, когда в основу производства положены принципы стандартизации и взаимозаменяемости, особенно важна тщательная проработка документации, правильное составление и оформление чертежей, спецификаций и т.д.

В данной работе сделана попытка объединить и разъяснить сведения, изложенные в различной литературе и посвященные понятию шероховатость поверхностей.

В первом разделе описаны параметры, применяемые для обозначения шероховатости поверхности и возможности контроля. Причем, ввиду того, что студенты первых курсов еще недостаточно знакомы с такими дисциплинами, как технология машиностроения, метрология и стандартизация, вопросы нормирования шероховатости поверхностей рассмотрены несколько упрощенно. Во втором разделе подробно изложены правила обозначения шероховатости поверхностей на чертеже согласно последней редакции соответствующего стандарта. В приложениях даны примеры чертежей с пояснениями и справочные таблицы.

1.НОРМИРОВАНИЕ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТЕЙ

1.1. Понятие о шероховатости поверхности

При любом способе изготовления деталей их поверхности не могут быть абсолютно гладкими, идеальными. Всегда имеются более или менее выраженные неровности различной формы и высоты - следы литейной формы, прокатных вальцов, режущих инструментов и т. д. Высота, форма и расположение этих неровностей зависят от ряда факторов и условий, связанных со свойствами материала, технологией обработки, скоростью резания, качеством инструментов и др.

Совокупность неровностей поверхности с относительно малыми шагами, выделенная на определенной (базовой) длине, называется шероховатостью поверхности.

Шероховатость поверхностей регламентируется следующими стандартами:

- ГОСТ 25142 – 82. Шероховатость поверхностей. Термины и определения.
- ГОСТ 2789 – 73. Шероховатость поверхностей. Параметры и характеристики.
- ГОСТ 2.309 – 73. Обозначения шероховатости поверхностей.

Требования стандартов распространяются на поверхности изделий, изготовленных из любых материалов и любыми методами (имеются в виду традиционные методы металлообработки), кроме ворсистых поверхностей. При этом дефекты поверхности (раковины и др.) из рассмотрения исключаются.

Влияние шероховатости на эксплуатационные свойства деталей значительно и многообразно. Чем меньше неровности, тем меньше деталь подвергается истиранию и коррозии, тем выше точность установки деталей при сборке. Усталостная прочность деталей, плотность и герметичность сопряжений, качество электрических и тепловых контактов, гальванических и лакокрасочных покрытий, отражение лучей, точность измерений также во многом зависят от величины поверхностных неровностей. Поэтому так важно уметь правильно назначать шероховатость поверхностей и обозначать ее на чертеже.

1.2. Контроль шероховатости поверхностей

Качественный контроль шероховатости осуществляется путем сравнения с образцами или образцовыми деталями визуально или на ощупь. ГОСТ 9378 – 75 устанавливает образцы шероховатости. На каждом образце указаны значения параметра Ra (мкм) и вид обработки образца (точение, фрезерование, строгание и др.). Визуально можно удовлетворительно оценить поверхности с $Ra = 0,6 - 0,8$ мкм и более. Для повышения точности используют щупы и микроскопы сравнения.

Количественный контроль параметров шероховатости осуществляют бесконтактными методами (микроинтерферометры, измерительные микроскопы и др.) и контактными методами с помощью щуповых приборов (профилометры и профилографы). При этом профиль поверхности ощупывается специальной алмазной иглой, в результате чего получают профиль поверхности (рис 1.1.).

1.3. Параметры для нормирования шероховатости поверхностей

Шероховатость поверхности оценивается по неровностям профиля (чаще поперечного), получаемого путем сечения реальной поверхности плоскостью (чаще всего в нормальном сечении). Как уже сказано выше, на практике профиль поверхности получают с помощью профилографа (рис.1.1). Для оценки параметров профиля проводят среднюю линию, имеющую форму номинального профиля, а также линии выступов и впадин, эквидистантно средней линии. Средняя линия m является базой для определения параметров шероховатости. Для отделения шероховатости поверхности от других неровностей с относительно большими шагами (отклонения формы и волнистости) ее рассматривают в пределах ограниченного участка, длина которого называется базовой длиной l . Базовая длина задается на чертеже или определяется в зависимости от числового значения высотного параметра шероховатости поверхности, заданного на чертеже.

Для количественной оценки и нормирования шероховатости поверхностей ГОСТ 2789-73 устанавливает **шесть параметров**: три высотных (Ra , Rz , $Rmax$), два шаговых (S , Sm) и параметр относительной опорной длины профиля (t_p), где

Ra - среднее арифметическое отклонение профиля;

Rz - высота неровностей по десяти точкам;

$Rmax$ - наибольшая высота профиля;

Sm - средний шаг неровностей профиля;

S - средний шаг местных выступов профиля;

t_p - относительная опорная длина профиля, p - уровень сечения профиля.

Кроме количественных параметров стандарт устанавливает **типы направлений неровностей** (качественная характеристика).

Требования к шероховатости поверхности детали устанавливают исходя из функционального назначения поверхности, конструктивных особенностей детали и возможности их достижения рациональными методами обработки детали. При выборе нормируемых параметров шероховатости учитывают их влияние на эксплуатационные свойства поверхности.

Основным во всех случаях является нормирование высотных параметров. Предпочтительным считается и чаще используется параметр Ra , который наиболее информативен и обеспечен надежными средствами измерений.

Параметр Rz применяют при нормировании небольших неровностей (диапазон от 0,025 до 0,1 мкм) и на малых по размерам поверхностях, где практически невозможно применить ощупывающие приборы, а также при нормировании требований к большим (грубым) поверхностным неровностям (диапазон от 10 до 1600 мкм). Для перехода от одного параметра к другому часто пользуются соотношениями: $Ra \approx 0,25Rz$ при $Rz \geq 8$ мкм, $Ra \approx 0,2Rz$ при $Rz < 8$ мкм.

Остальные параметры на практике применяются редко, при особых эксплуатационных требованиях к поверхности. Поэтому далее более подробно рассмотрим только параметры Ra и Rz .

Среднее арифметическое отклонение профиля Ra – среднее арифметическое из абсолютных значений отклонений профиля в пределах базовой длины:

$$Ra = \frac{1}{l} \cdot \int_0^l |y(x)| dx \approx \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n |y_i|,$$

где l – базовая длина;

n – число выбранных точек профиля на базовой длине;

y – отклонение профиля от средней линии.

Высота неровностей по десяти точкам Rz – сумма средних абсолютных значений высот пяти наибольших выступов профиля и глубин пяти наибольших впадин профиля в пределах базовой длины:

$$Rz = \frac{\sum_{i=1}^5 |y_{pi}| + \sum_{i=1}^5 |y_{vi}|}{5},$$

где y_{pi} – высота i -го наибольшего выступа профиля;

y_{vi} – глубина i -й наибольшей впадины профиля.

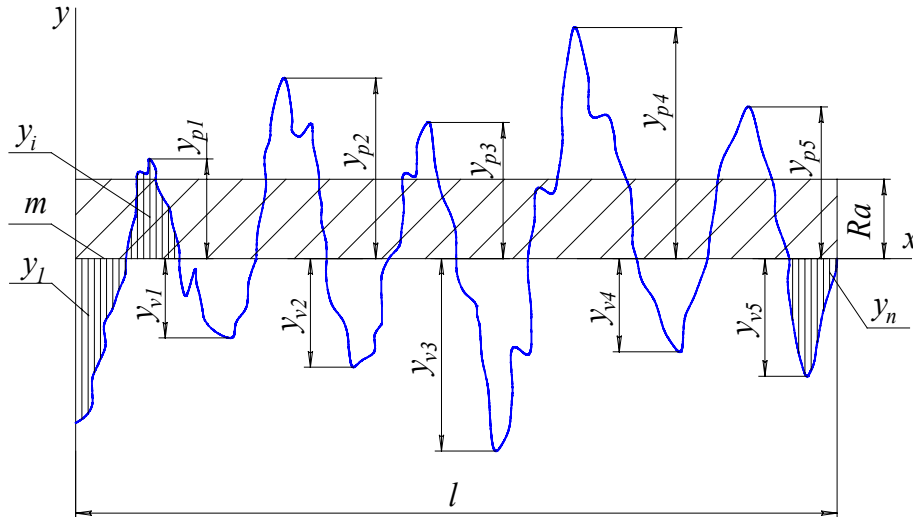


Рис.1.1. Профиль поверхности

1.4. Выбор значений параметров шероховатости

Числовые значения Ra и Rz выбирают из табл. 1.1 - 1.2. В первую очередь следует применять предпочтительные значения (в таблицах подчеркнуты), получившие наибольшее применение в международной практике. Им соответствуют номинальные значения шероховатости образцов сравнения.

Числовые значения базовой длины l (мм) выбираются из ряда: (0,01); (0,03); 0,08; 0,25; 0,80; 2,5; 8; (25) (значения, указанные в скобках, применяются в особых случаях). Чем неоднороднее неровности поверхности и чем они больше, тем больше должна быть базовая длина, чтобы выбранный параметр шероховатости правильно характеризовал состояние поверхности. Если параметры Ra и Rz определены на базовой длине в соответствии с табл. 1.3, то эти базовые длины не указываются в требованиях к шероховатости.

Таблица 1.1

Ряды значений среднего арифметического отклонения профиля R_a , мкм

100	10,0	1,00	0,100	0,010
80	8,0	0,80	0,080	0,008
63	6,3	0,63	0,063	-
50	5,0	0,50	0,050	-
40	4,0	0,40	0,040	-
32	3,2	0,32	0,032	-
25	2,5	0,25	0,025	-
20	2,0	0,20	0,020	-
16,0	1,60	0,160	0,016	-
12,5	1,25	0,125	0,012	-

Таблица 1.2

Ряды значений высоты неровностей профиля R_z , мкм

-	1000	100	10,0	1,00	0,100
-	800	80	8,0	0,80	0,080
-	630	63	6,3	0,63	0,063
-	500	50	5,0	0,50	0,050
-	400	40	4,0	0,40	0,040
-	320	32	3,2	0,32	0,032
-	250	25	2,5	0,25	0,025
-	200	20	2,0	0,20	0,020
1600	160	16,0	1,60	0,160	-
1250	125	12,5	1,25	0,125	-

Примечание. Предпочтительные значения параметров подчеркнуты.

Таблица 1.3

Соотношение параметров шероховатости и базовой длины

Базовая длина l , мм	R_a , мкм	R_z , мкм
0,08	До 0,025	До 0,10
0,25	Св. 0,025 до 0,4	Св. 0,10 до 1,6
0,8	Св. 0,4 до 3,2	Св. 1,6 до 12,5
2,5	Св. 3,2 до 12,5	Св. 12,5 до 50
8	Св. 12,5 до 100	Св. 50 до 400

Какие именно значения выбрать из приведенных выше таблиц и рядов определяют, ориентируясь на данные опыта конструирования и соотношения между шероховатостью и точностью (допусками размера и формы). Расчетные методы и таблицы для этих целей приводятся в специальной литературе [5,6]. В общем случае, чем выше требования по точности, тем выше требования и по шероховатости поверхности. В особенности это важно для сопрягаемых поверхностей. Вместе с тем, прямой связи между точностью и шероховатостью поверхности нет, так как к самым неточным поверхностям по допуску размера можно предъявить весьма высокие требования шероховатости (например, поверхности ручек хирургического инструмента, различных маховичков, рукояток, кнопок и т.п.). В некоторых случаях (соединения с натягом, подшипники скольжения) существуют оптимальные параметры поверхности, отклонения от которых в ту или другую сторону снижают работоспособность соединений. Кроме того, следует помнить, что достижение высокого качества поверхностей деталей ведет к значительному повышению стоимости изделий, поэтому рекомендуется применять менее высокие требования к шероховатости, совместимые с условием надежной работы деталей. Необходимо в каждом конкретном случае найти оптимальное решение.

В учебных условиях перед назначением шероховатости поверхности надо в каждой детали четко классифицировать поверхности.

1. **Поверхности рабочие**, по которым детали **соприкасаются между собой и перемещаются относительно друг друга**, например, поверхности направляющих, поршней и цилиндров в насосах, цилиндрические поверхности подшипников и шеек валов и их торцы, уплотнительные поверхности седел и клапанов в арматуре и т.п. Такие поверхности обязательно подлежат механической обработке, многие из них требуют высокой точности, шероховатость их должна соответствовать примерно $Ra = 2,5 - 0,16$ и $Rz = 10 - 0,8$ мкм (в отдельных случаях и меньше).

2. **Поверхности установочные**, по которым детали **соприкасаются между собой и неподвижны относительно друг друга** и которыми определяется точность взаимного положения. Эти поверхности тоже механически обрабатываются. Шероховатость их может соответствовать примерно $Ra = 20 - 2,5$ и $Rz = 80 - 10$ мкм (в отдельных случаях и меньше).

3. **Поверхности ограничительные и соединительные**, которые служат для ограничения детали или соединения отдельных ее элементов между собой и по которым детали в работающих изделиях **не соприкасаются**, например, наружные поверхности корпусов, свободные открытые торцы деталей и т.п. Часто эти поверхности не подлежат механической обработке и остаются в том состоянии, в каком получены на стадии формообразования, т.е. при отливке, поковке, штамповке или прокатке. Шероховатость таких поверхностей может быть в пределах $Ra = 20 - 2,5$ и $Rz = 80 - 10$ мкм.

4. При предъявлении **эстетических требований** к внешнему виду поверхностей они должны иметь шероховатость, соответствующую $Ra = 5,0 - 1,25$ и $Rz = 20 - 6,3$ мкм. Отдельно также следует рассматривать наружные поверхности различных **управляющих органов** (маховичков, рукояток, кнопок и т.п.), за которые приходится браться руками в процессе работы на машине, станке и др. Шероховатость таких поверхностей может быть в пределах $Ra = 0,63 - 0,08$ и $Rz = 3,2 - 0,4$ мкм.

Данные о достижимой шероховатости поверхности при различных видах ее обработки приведены в приложении 2 (табл. П.2.1 – 2.3). Пользуясь этими таблицами, при чтении чертежа можно ориентировочно решать, какими способами выгоднее изготовить деталь или ее элемент для получения заданной чертежом шероховатости поверхности, при назначении параметров шероховатости – проверить возможность их достижения в связи с рациональными методами обработки детали.

Если точность сопряжения и метод обработки не позволяют определить требования к шероховатости поверхностей, назначение шероховатости поверхности следует производить, опираясь на данные практики. При этом необходимо учитывать, что в зависимости от области машиностроения значения параметров шероховатости для одной и той же поверхности могут значительно различаться. Примеры нормирования шероховатости в зависимости от функционального назначения поверхностей (усредненные значения) приведены также в приложении 2 (табл. П.2.4).

2. ОБОЗНАЧЕНИЯ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТЕЙ

2.1. Знаки, применяемые для обозначения шероховатости поверхностей

Стандартом предусмотрены **три знака** для обозначения шероховатости (рис.2.1). Высота знаков h должна быть равна высоте цифр размерных чисел чертежа, высота H равна $(1,5-3) h$, толщина линий знаков – приблизительно равна половине толщины сплошной основной линии, т.е. $s/2$.

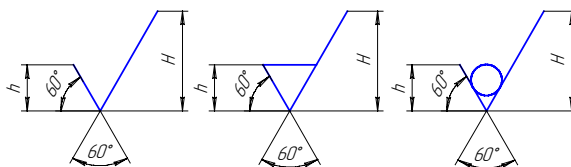


Рис. 2.1. Знаки для обозначения шероховатости

Использование трех знаков дает возможность конструктору указать изготовителю, какой вид обработки должен быть применен при изготовлении детали. Различают **два вида обработки** (не путать со способом обработки): со снятием материала и без снятия материала. Поверхности, обработанные разными видами, отличаются по внешнему виду и свойствам. При обработке **со снятием материала** каким-либо режущим инструментом (способы обработки - точение, шлифование, сверление и т.д.) удаляется часть материала заготовки. Структуры материала при этом оказываются перерезанными, на поверхности остается след режущего инструмента. При обработке **без снятия материала** (способы обработки – литье, штамповка, прокат и т.д.) обычно под действием давления происходит перемещение материала, его деформация, и структура поверхностных слоев оказывается часто в виде “гладко расположенных волокон”.

Если разработчику безразличен вид обработки детали, он использует знак \surd , и изготовитель может применить любой вид обработки – со снятием или без снятия материала. Если требуется изготовить деталь с удалением слоя материала – используется

знак \surd . Эти знаки всегда применяются с числовыми значениями шероховатости, например, $\sqrt{Ra\ 0,8}$ $\surd\sqrt{Ra\ 0,8}$.

Знак \surd используется в двух случаях:

- 1) поверхность должна быть изготовлена без удаления слоя материала,
- 2) поверхность, на которой находится этот знак, при изготовлении по данному чертежу вообще не должна обрабатываться (находится “в состоянии поставки”), т.е. деталь изготавливается из проката или литой, штампованной или другой заготовки и часть поверхностей не будет обрабатываться вообще.

Этот знак может применяться как с указанием параметра шероховатости, так и без него, например, обозначение $\surd\sqrt{Ra\ 12,5}$ означает, что поверхность должна быть обработана без снятия материала (например, литьем) с заданным значением шероховатости, а обозначение \surd – поверхность находится в состоянии поставки и по данному чертежу не обрабатывается. Отметим, что в данном случае этот знак на чертеже может быть отнесен к поверхностям, имеющим любую шероховатость, т.е. не только к грубым поверхностям, но и гладким (прокат калиброванный, лист и лента катаные, поверхности деталей из пластмасс, детали, имеющие специальные покрытия и т.д.).

2.2. Структура обозначения

Структура обозначения шероховатости в соответствии с последней редакцией ГОСТа 2.309 – 73 приведена на рис.2.2.

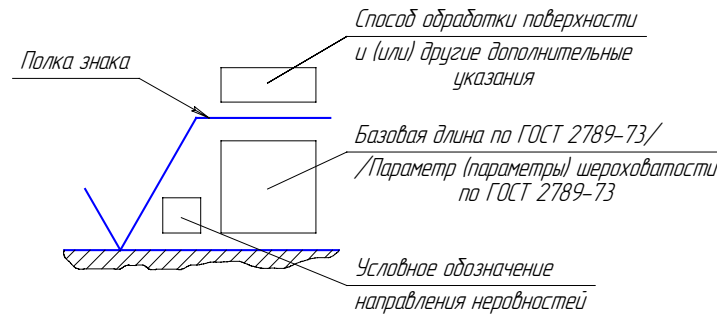


Рис.2.2. Структура обозначения шероховатости

Такая структура дает возможность разработчику-конструктору указать на чертеже все необходимые ему требования к качеству поверхностей. Если конструктор считает необходимым, он может назначить значения как одного, так и нескольких параметров. Для каждого параметра можно установить наибольший предел, который не должно превышать действительное значение этого параметра шероховатости либо, когда слишком гладкая поверхность недопустима, диапазон значений параметра шероховатости, либо номинальное значение с предельными отклонениями в процентах от номинального. Можно самостоятельно выбрать и указать значение базовой длины, однако, если разработчика “устраивают” соотношения табл. 1.3, то базовая длина не указывается вообще. Есть возможность указать направления неровностей, а над полкой – способ обработки.

Рассмотрим пример такого полного обозначения (рис.2.3). Прочитать его следует так: высотный параметр Ra должен быть не более 0,1 мкм на базовой длине 0,8 мм; средний шаг неровностей профиля Sr должен находиться в пределах от 0,040 до 0,063 мм на базовой длине 0,8 мм; относительная опорная длина профиля t_{50} $80 \pm 10\%$ на базовой длине 0,25 мм; направление неровностей произвольное; способ окончательной обработки – полирование.

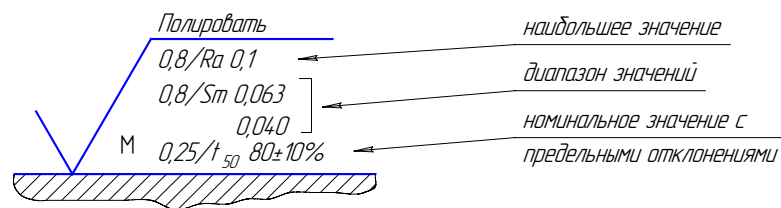


Рис.2.3. Пример обозначения шероховатости на чертежах

Необходимо отметить, что на практике все эти возможности обозначения используются крайне редко. Наиболее распространенным является вариант, когда указано числовое значение параметра, соответствующее наиболее грубой допускаемой шероховатости.

В учебных условиях этого тоже вполне достаточно, и например, обозначение $\sqrt{Ra\ 6,3}$ означает, что предельное значение параметра Ra должно быть не более 6,3 мкм, базовая длина не указана, т.к. соответствует табл. 1.3 и равна 2,5 мм, вид обработки не нормируется и может быть любым.

2.3. Правила нанесения обозначений шероховатости поверхностей на чертежах

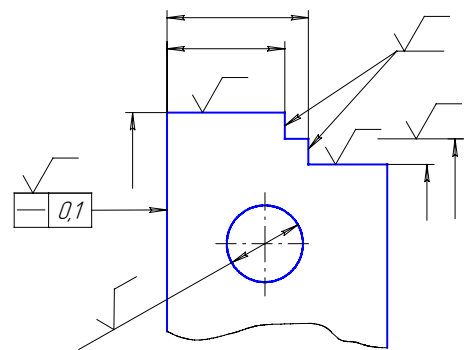
Таблица 2.1

1. Шероховатость поверхностей обозначают на чертеже для **всех выполняемых по данному чертежу поверхностей изделия**, независимо от методов их образования, кроме поверхностей, шероховатость которых не обусловлена требованиями конструкции.

2. Обозначение шероховатости следует ставить на **тех видах и разрезах, на которых поставлены размеры**, относящиеся к соответствующим частям детали.

3. Знаки располагаются на:

- а) линиях контура элементов детали;
- б) выносных линиях, при этом по возможности ближе к размерной линии;
- в) полках выносных линий;
- г) размерных линиях или их продолжениях при недостатке места, при этом разрешается разрывать выносную линию;
- д) на рамке допуска формы;
- е) на линии невидимого контура только в случаях, когда от этой линии нанесен размер.



4. Знаки, имеющие полку, должны **располагаться относительно основной надписи** чертежа так, как указано на рис.1, а знаки без полки (без указания параметра и способа обработки) располагают как на рис.2. При расположении поверхности в заштрихованной зоне обозначение наносят только на полке линии-выноски.

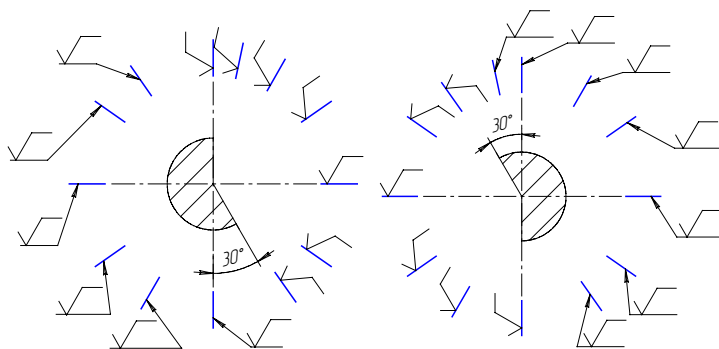


рис.1

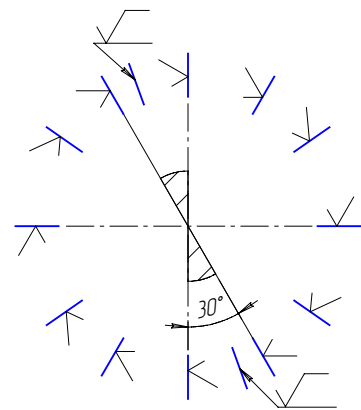
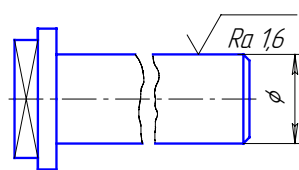
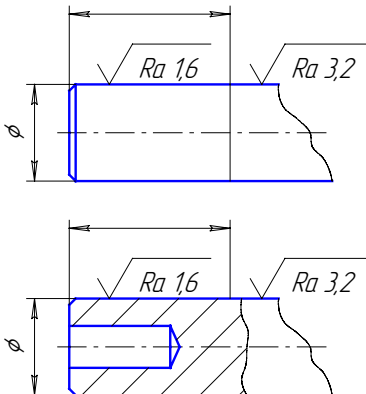
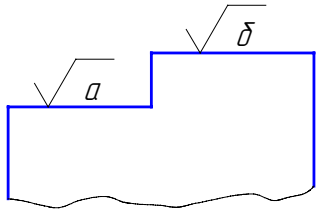
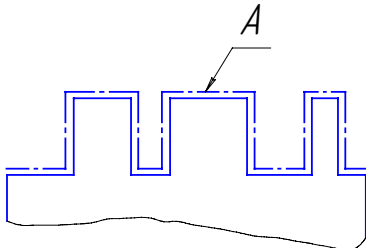
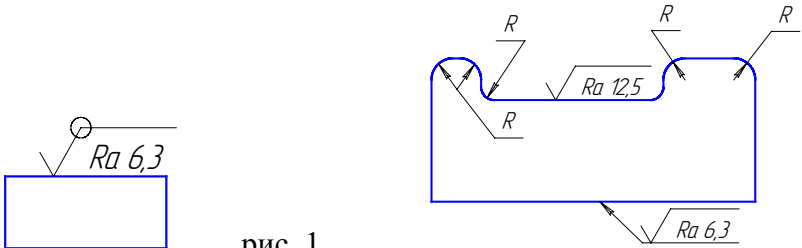


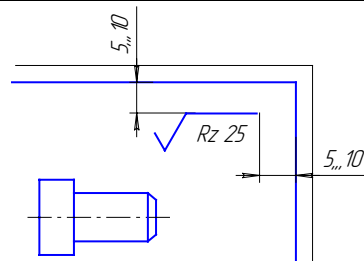
рис.2

5. При изображении изделия с разрывом обозначение шероховатости наносят только на одной части изображения, по возможности ближе к месту указания размеров.



<p>6. Если шероховатость одной и той же поверхности различна на отдельных участках, то эти участки разграничивают сплошной тонкой линией с нанесением соответствующих размеров и обозначений шероховатости. Через заштрихованную зону линию границы между участками не проводят.</p>	
<p>7. Когда на чертеже поверхности детали мало места для размещения знака шероховатости, то допускается применять упрощенное обозначение с разъяснением этого обозначения в технических требованиях чертежа. При этом используют знак \surd и строчные буквы русского алфавита в алфавитном порядке, без повторений и, как правило, без пропусков.</p>	 <p style="text-align: center;"><i>Поліровать</i></p> $\surd a = \surd M 0,8 / Ra 0,4$ $\surd \delta = \surd Ra 0,8$
<p>8. Если одинаковую шероховатость имеет поверхность сложной конфигурации, допускается обозначение шероховатости приводить в технических требованиях чертежа со ссылкой на буквенное обозначение поверхности, например: “шероховатость поверхности A - $\surd Ra 6,3$”. При этом буквенное обозначение поверхности наносят на полке линии-выноски, проведенной от утолщенной штрихпунктирной линии, которой обводят поверхность на расстоянии 0,8...1 мм от линии контура.</p>	
<p>9. Если одинаковую шероховатость имеют поверхности, образующие контур, обозначение шероховатости наносят один раз (рис. 1). Диаметр вспомогательного знака \bigcirc - 4...5 мм. В обозначении одинаковой шероховатости поверхностей, плавно переходящих одна в другую, знак \bigcirc не приводят (рис. 2).</p>	 <p style="text-align: center;">рис. 1 рис. 2</p>

10. Если требования к шероховатости **одинаковы для всех поверхностей** детали, то знак указывают один раз и его помещают в правом верхнем углу чертежа, а на поверхностях элементов детали знаков не наносят.



11. Если поверхности **нескольких элементов** детали имеют **одинаковую шероховатость**, то ее обозначение помещают в правом верхнем углу чертежа (рис. 1) и рядом в скобках указывают условный знак без каких-либо требований. Это будет означать, что все поверхности, на которых на чертеже не нанесены обозначения шероховатости или знак $\sqrt{\quad}$, должны иметь шероховатость, указанную перед знаком $(\sqrt{\quad})$. Если в правом верхнем углу чертежа указан знак $\sqrt{\quad}$ **без численного значения параметра** и рядом знак в скобках $(\sqrt{\quad})$, то это значит, что поверхности, на которых не указана шероховатость, **по данному чертежу не обрабатываются вообще**, т.е. находятся “в состоянии поставки” и будут иметь неровности, которые уже есть на заготовке (рис. 2). В этом случае состояние поверхности, обозначенное знаком $\sqrt{\quad}$, должно удовлетворять требованиям, установленным соответствующим стандартом или техническими условиями, или другим документом, причем на этот документ **должна быть приведена ссылка**, например, в виде указания сортамента материала (швеллер, труба, круг, лист и т.д.), другого чертежа (чертеж заготовки) и т.п. в графе 3 основной надписи чертежа по ГОСТ 2.104-68. (Дополнительно см. Приложение 1.)

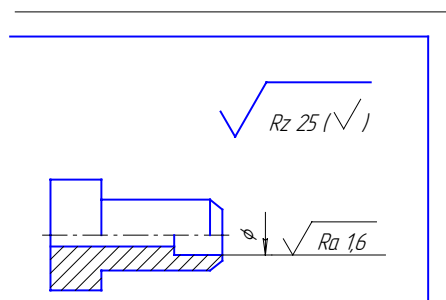


рис.1

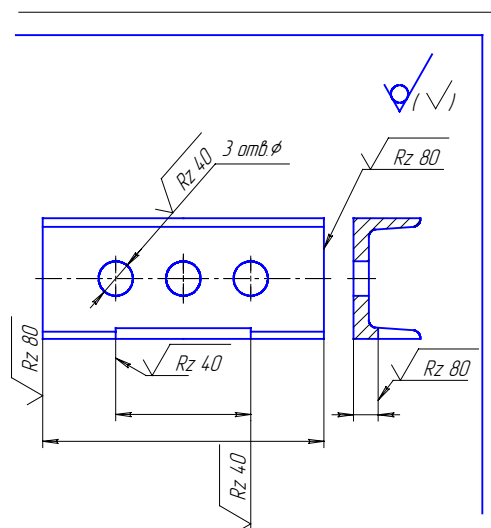


рис.2

12. **Размеры и толщина линий знака** в обозначении шероховатости, вынесенном в правый верхний угол чертежа, должны быть приблизительно **в 1,5 раза больше**, чем в обозначениях, нанесенных на изображении. **Размеры знака, взятого в скобки**, должны быть одинаковыми с размерами знаков, нанесенных на изображении.

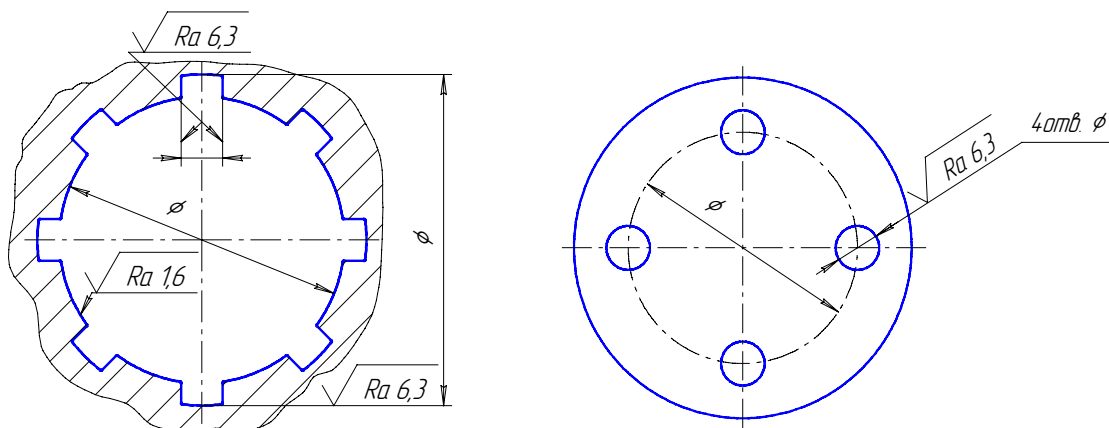
13. Не допускается обозначение шероховатости или знак $\sqrt{\quad}$ выносить в правый верхний угол чертежа при наличии в изделии поверхностей, **шероховатость которых не нормируется** (не обусловлена требованиями конструкции).

14. Условные обозначения **направления неровностей** приводят на чертеже при необходимости и они должны соответствовать стандарту.

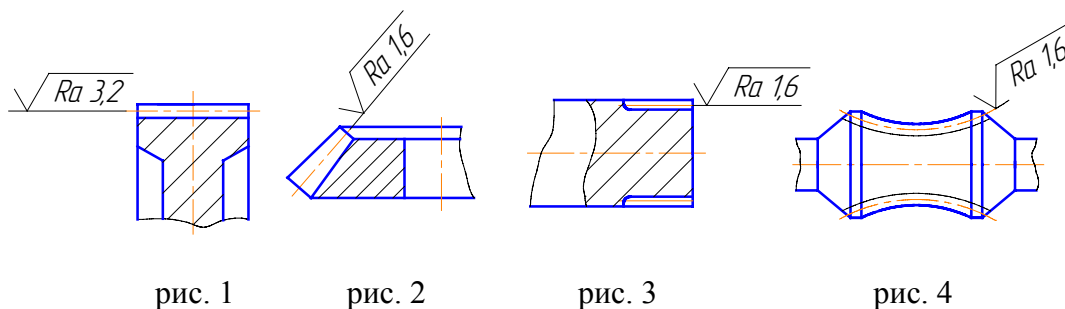
15. Вид **обработки** поверхности указывают в обозначении шероховатости только в случаях, когда он является единственным, применимым для получения требуемого качества поверхности. При этом в зависимости от вида обработки применяют или знак обязательного удаления слоя, или знак обязательного сохранения поверхностного слоя. Наиболее часто встречаются два вида таких указаний: «Полировать» или «Шабрить».

$\sqrt{\text{Полить}} / M Ra 0,025$

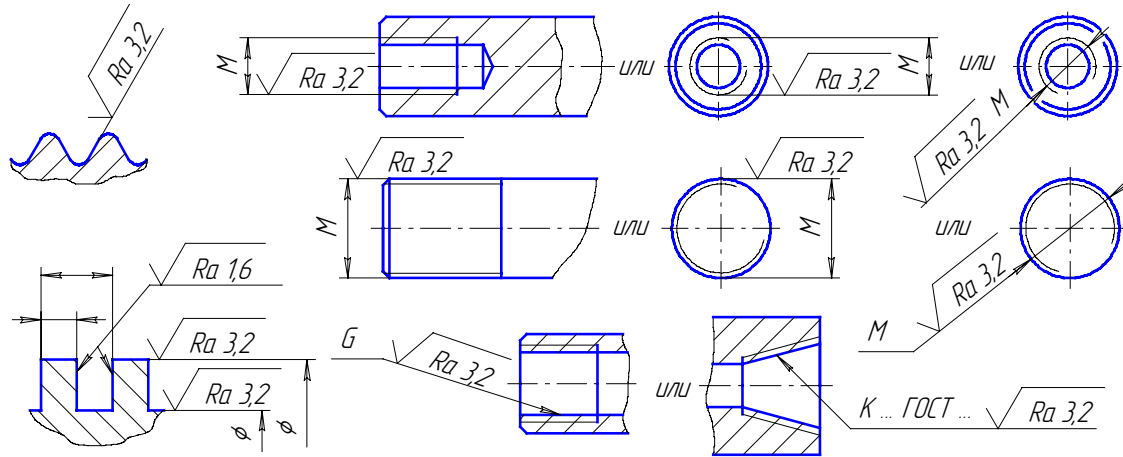
16. Обозначение шероховатости поверхности **повторяющихся элементов** изделия (отверстий, пазов, зубьев и т.п.), количество которых указано на чертеже, а также обозначение шероховатости одной и той же поверхности наносят один раз, независимо от числа изображений.



17. Обозначение шероховатости рабочих поверхностей **зубьев зубчатых колес**, эвольвентных шлицев и т.п., если на чертеже не приведен их профиль, условно наносят на линии делительной поверхности (рис.1 – 3), а для глобоидных червяков и сопряженных с ними колес – на линии расчетной окружности (рис.4).



18. Обозначение шероховатости поверхности профиля **резьбы** наносят по общим правилам при изображении профиля (в том числе для резьбы с нестандартным профилем) или условно на выносной линии для указания размера резьбы, на размерной линии или на ее продолжении.



19. На рабочих чертежах изделий, которые подвергаются **покрытию**, указывают размеры и шероховатость поверхности до покрытия. Допускается также одновременно указывать размеры и шероховатость поверхности до и после покрытия. При этом размерные линии и обозначения шероховатости поверхностей до покрытия наносят на контурной линии детали, а после покрытия – на штрихпунктирной утолщенной линии, обозначающей поверхности, подвергаемые покрытию (рис.1). При необходимости указать размеры и шероховатость поверхности только после покрытия соответствующие размеры и обозначения шероховатости поверхности отмечают знаком «*» и в технических требованиях чертежа делают запись типа: «***Размеры и шероховатость поверхности после покрытия**» (рис. 2).

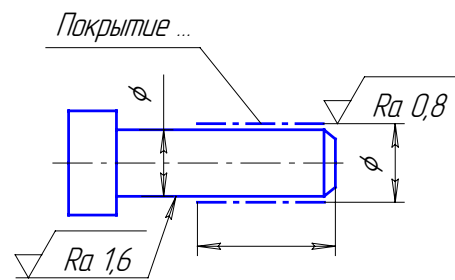


рис. 1

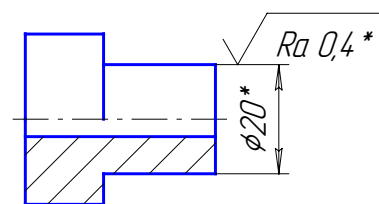


рис. 2

Примеры обозначения шероховатости поверхностей на чертежах, а также выбора численных значений в зависимости от функционального назначения и способа обработки поверхностей деталей приведены в Приложениях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Марков Н. Н., Осипов В. В., Шабалина М. Б. Нормирование точности в машиностроении: Учеб. для машиностроит. спец. вузов. / Под. ред. Ю. М. Соломенцева. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Высш. шк.; Издательский центр «Академия», 2001. – 335 с., ил.
2. Технология машиностроения: В 2 кн. Кн. 1. Основы технологии машиностроения: Учеб. пособ. для вузов / Э. Л. Жуков, И. И. Козарь, С. Л. Мурашкин и др.; Под ред. С. Л. Мурашкина. – М.: Высш. шк., 2003. – 278 с., ил.
3. Любомудров С. А., Смирнов А. А., Тарасов С. Б. Метрология, стандартизация и взаимозаменяемость.: Учебн. пособие. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2004. – 188 с.
4. Орлов П. И. Основы конструирования: Справочно-методическое пособие. В 2-х кн. Кн. 1 / Под ред. П. Н. Учаева. – Изд. 3-е, испр. – М.: Машиностроение, 1988. – 560с., ил.
5. Гжиров Р. И. Краткий справочник конструктора: Справочник – Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1983. – 464 с., ил.
6. Справочник конструктора точного приборостроения / Г. А. Веркович, Е. Н. Головенкин и др.; Под общ. ред. К. Н. Явленского, Б. П. Тимофеева, Е. Е. Чаадаевой. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1989. – 792 с., ил.
7. Справочное руководство по черчению / В. Н. Богданов, И. Ф. Малежик, А.П. Верхола и др. – М.: Машиностроение, 1989. – 864 с., ил.
8. Попова Г. Н., Алексеев С. Ю. Машиностроительное черчение: Справочник. – 3-е изд., перераб. и доп. – СПб.: Политехника, 1999. – 453 с., ил.
9. Боголюбов С. К., Воинов А. В. Черчение: Учебник для машиностроительных специальностей средних специальных учебных заведений. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1984. – 304 с., ил.
10. ГОСТ 2.309 – 73. ЕСКД. Обозначения шероховатости поверхностей (ИУС 11-80, 12-84, 3-2003) – ИПК Издательство стандартов, 2003. – 7с.

**Обозначение на чертеже неуказанной шероховатости
Знаки, применяемые для обозначения шероховатости и
указывающие на возможные виды обработки**

1. Требования к шероховатости одинаковы для всех поверхностей детали.

(Знак указывают один раз и помещают его в правом верхнем углу чертежа, а на поверхностях элементов детали знаков не наносят. Размеры и толщина линий знака в обозначении шероховатости, вынесенном в правый верхний угол, должны быть в 1,5 раза больше, чем в обозначениях, наносимых на изображении детали.)

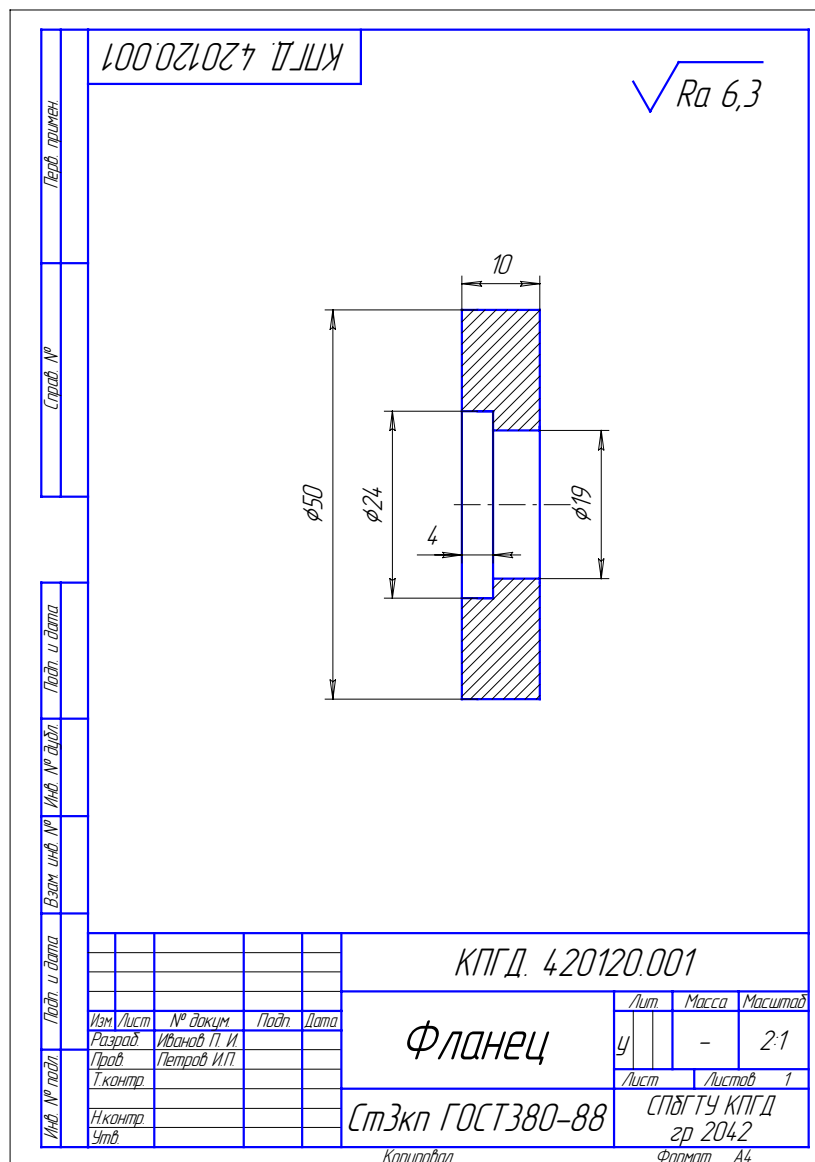


Рис. П.1.1.

2. Поверхности нескольких элементов детали имеют одинаковую шероховатость.

(Обозначение шероховатости, одинаковой для части поверхностей, должно быть помещено в правом верхнем углу чертежа вместе со знаком (\surd) . Это означает, что все поверхности, на которых на чертеже не нанесены обозначения шероховатости или знак \surd , должны иметь шероховатость, указанную перед знаком (\surd) в правом верхнем углу чертежа. Размеры знака (\surd) должны быть одинаковыми с размерами знаков, нанесенных на изображении.)

2.1. Знак \surd - основной знак; для обозначения шероховатости наиболее предпочтителен и наиболее часто применяется. Означает, что разработчику безразличен вид обработки детали, и изготовитель может применить **любой вид обработки** – со снятием или без снятия материала.

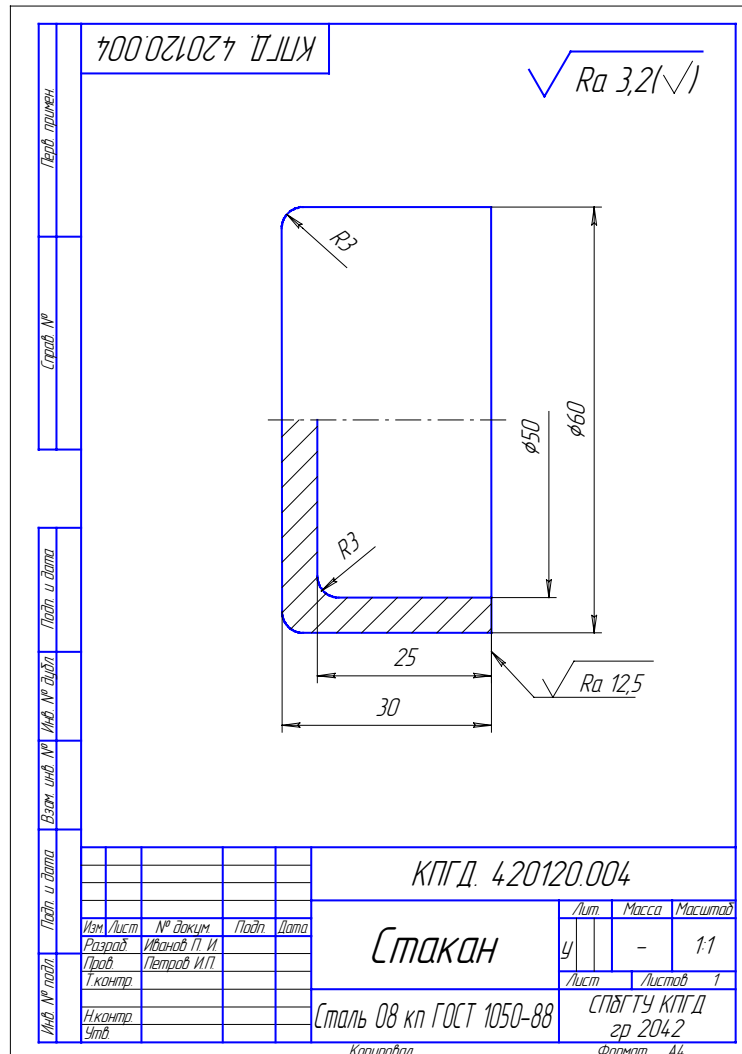


Рис. П.1.2.

2.2. Знак $\sqrt{\quad}$ - применяется для обозначения шероховатости, которая должна быть образована удалением поверхностного слоя материала каким-либо режущим инструментом (точение, шлифование, сверление и т.д.). Устанавливается конструктором для поверхности, требуемые эксплуатационные свойства которой обеспечиваются только при ее окончательной обработке удалением слоя материала, чаще используется в сочетании с указанием единственно возможного вида обработки.

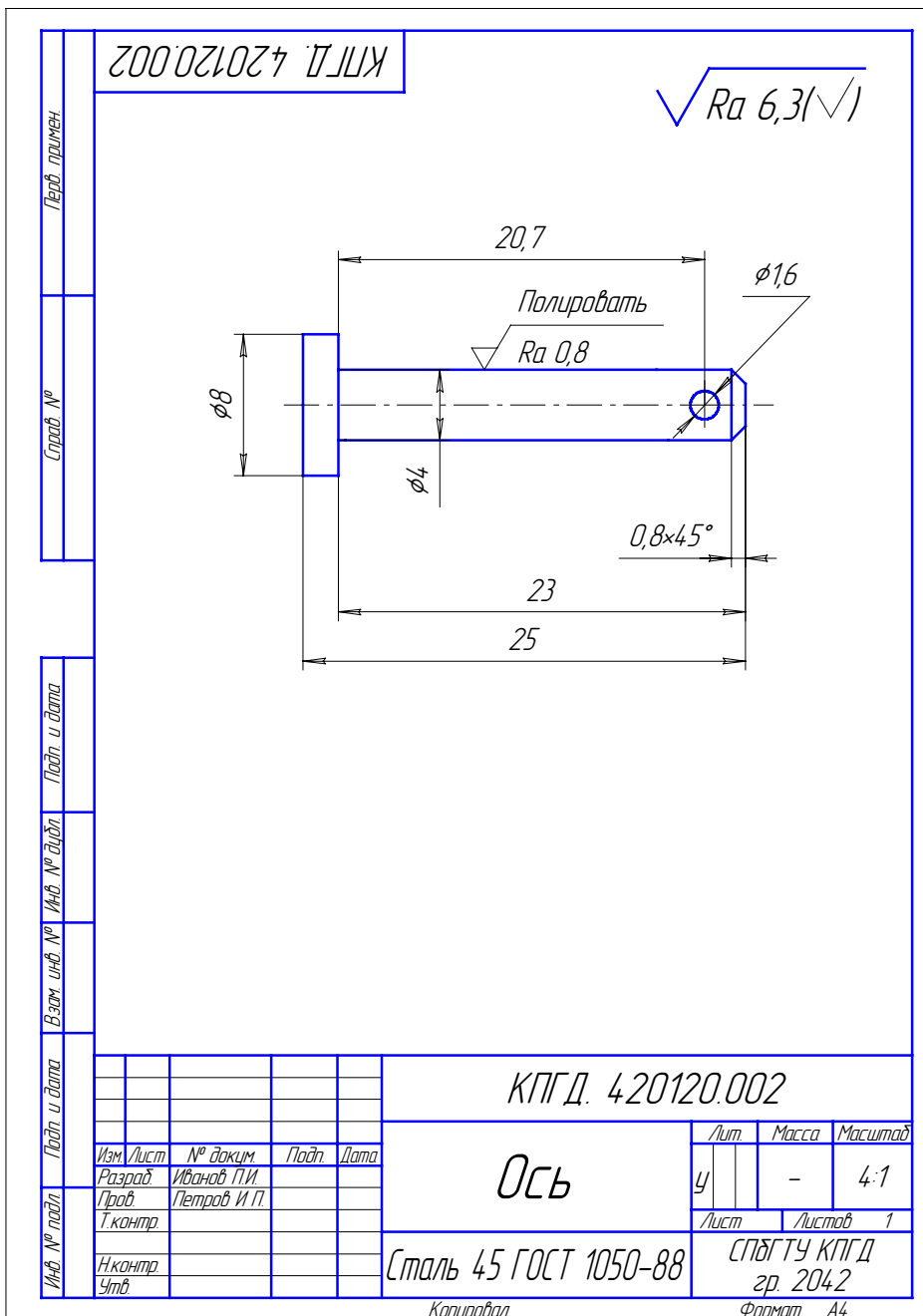



Рис. П.1.3.

2.3. Знак  с числовым значением - применяется для обозначения шероховатости, которая должна быть образована без удаления слоя материала (литье, штамповка, ковка, прокат и т.д.).

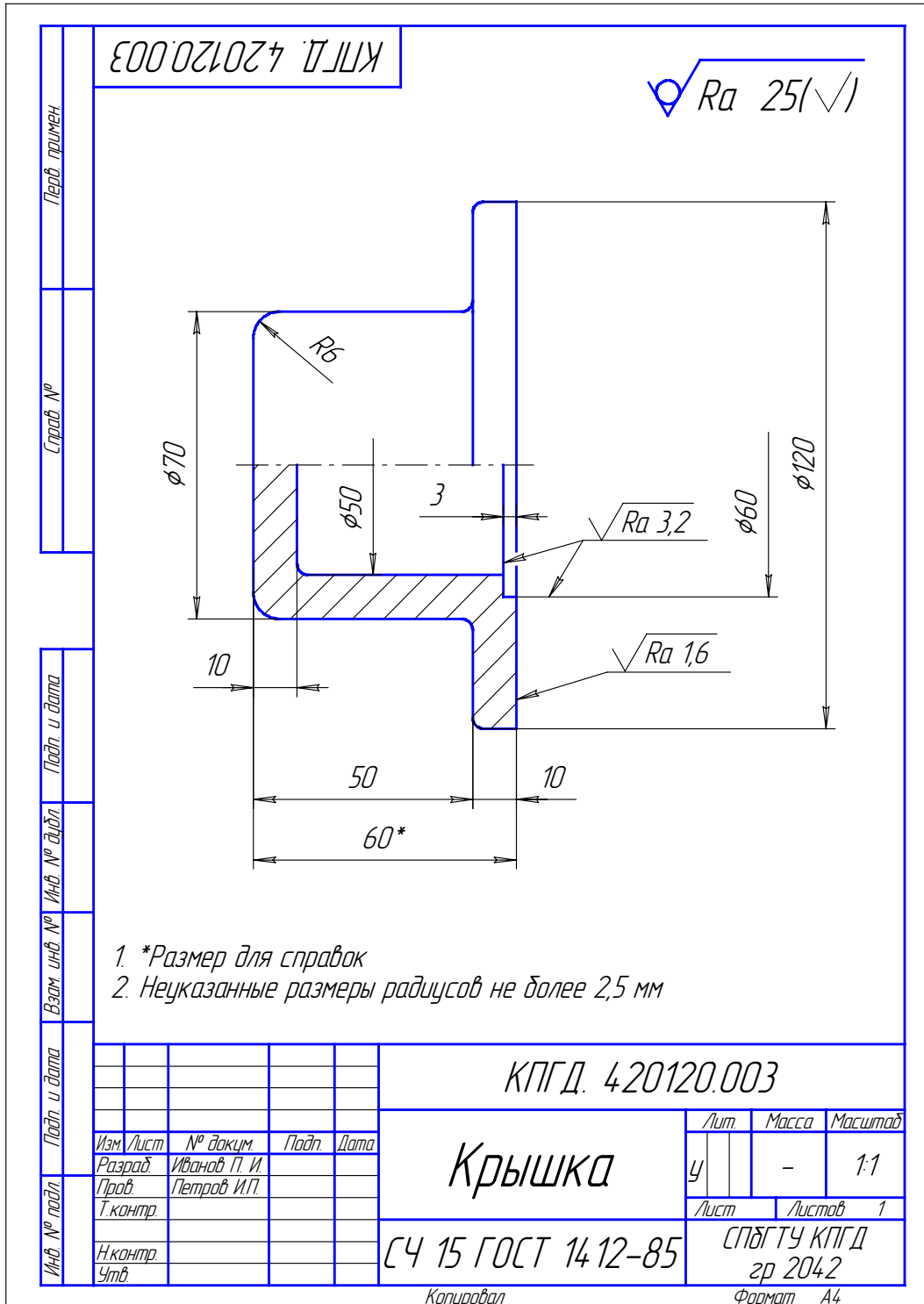


Рис. П.1.4.

2.4. Знак $\sqrt{\quad}$ без числового значения – применяется для поверхностей, по данному чертежу вообще не подлежащих обработке, т.е. деталь изготавливается из **проката или литой, штампованной или другой заготовки**; часть поверхностей находится «в состоянии поставки».

а) Требования к шероховатости поверхностей, обозначенной знаком $\sqrt{\quad}$, определены **стандартом на сортament** (на этот стандарт должна быть ссылка в графе «Материалы» основной надписи чертежа).

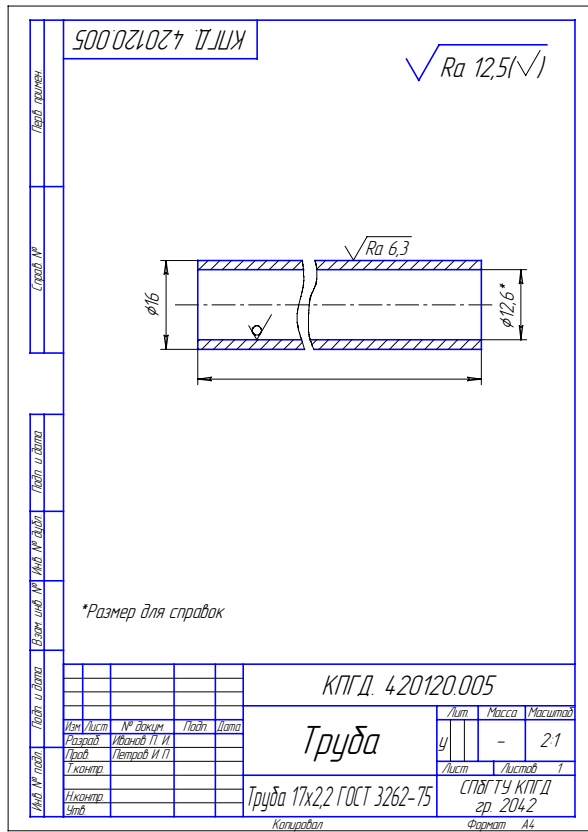
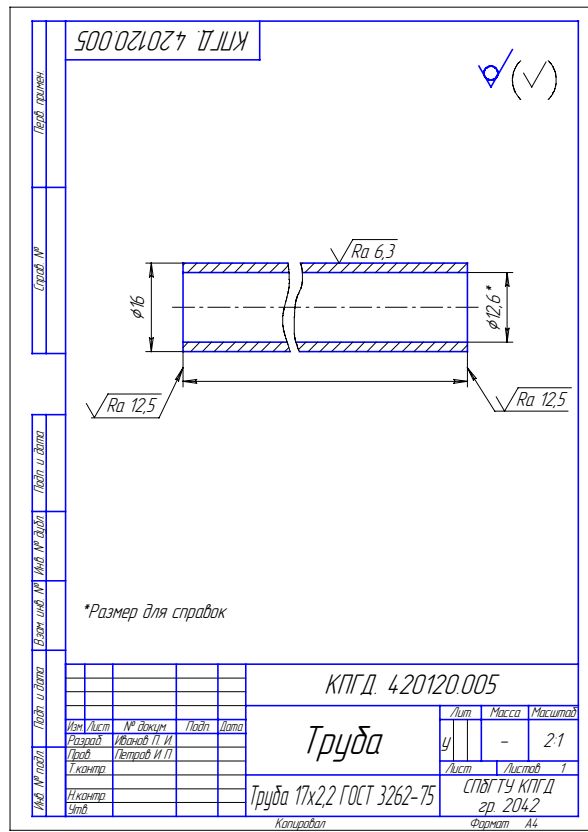


Рис. П.1.5.

б) Требования к шероховатости поверхностей, обозначенной знаком \sqrt{Ra} , определены **техническими условиями** на литье в технических требованиях чертежа (в учебных чертежах часто не записываются).

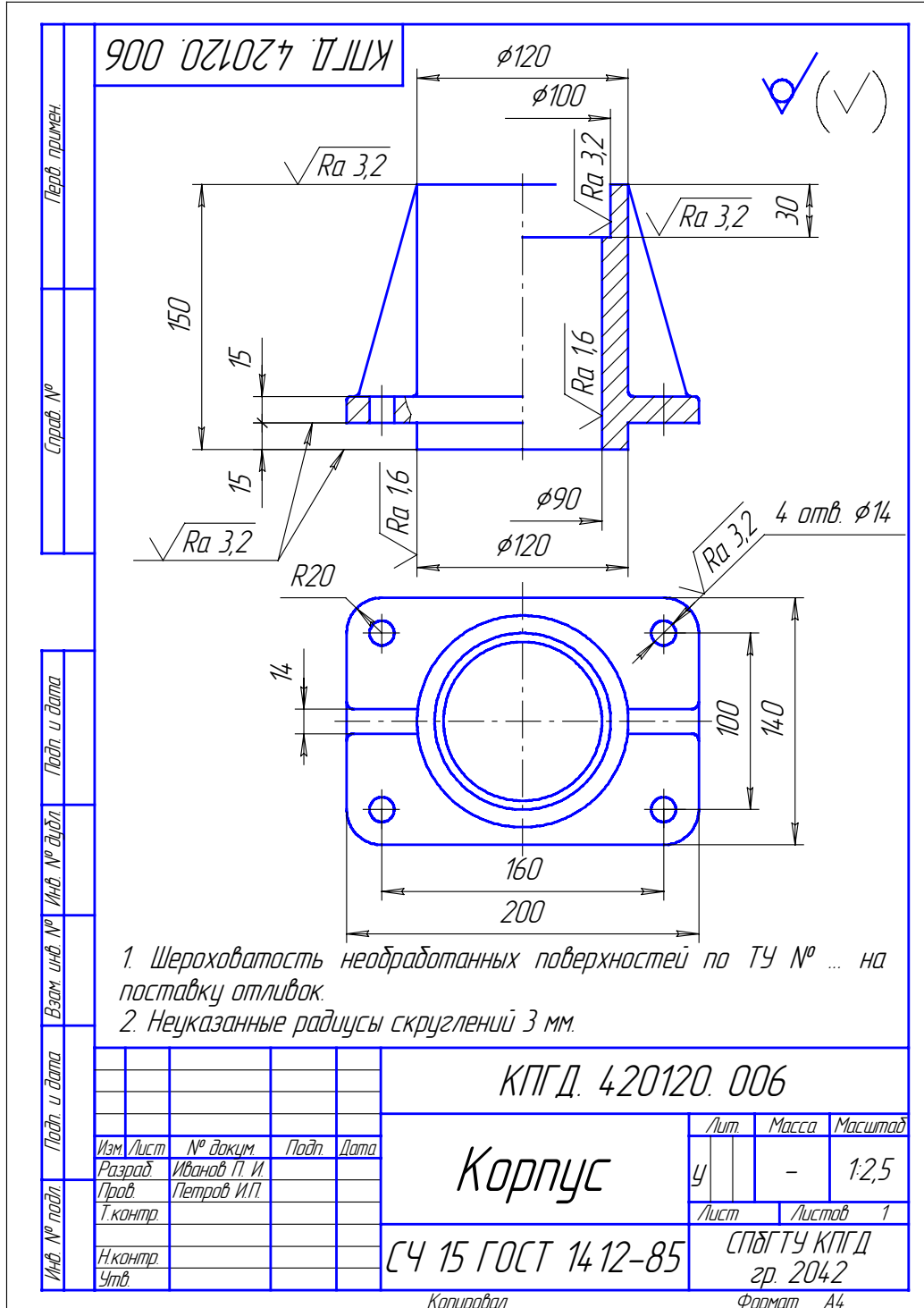


Рис. П.1.6.

в) Чертеж доработки. Требования к шероховатости остальных поверхностей обусловлены **другим чертежом** (по которому изготовлялась заготовка). На этот чертеж должна быть ссылка в графе «Материалы» основной надписи. Если заготовкой является стандартное изделие, ссылка на стандарт также приводится в основной надписи чертежа.

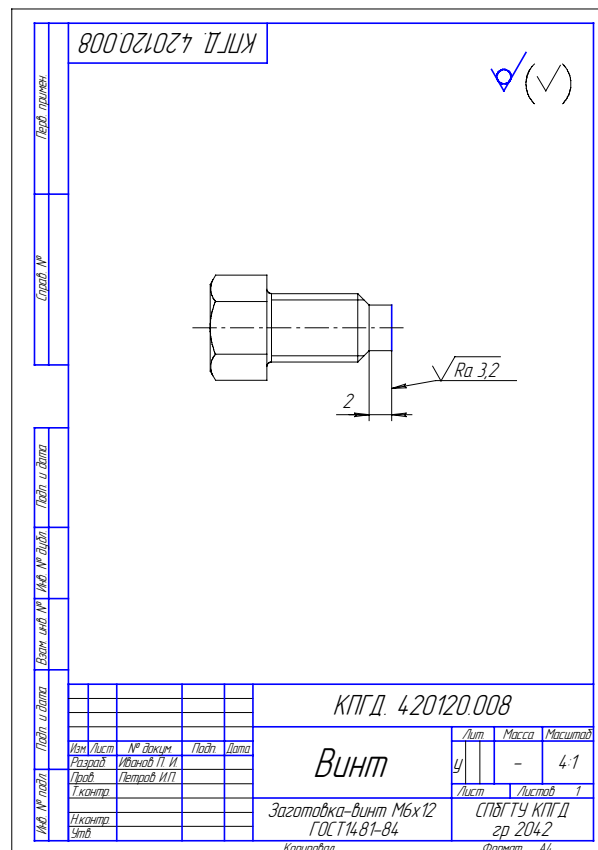
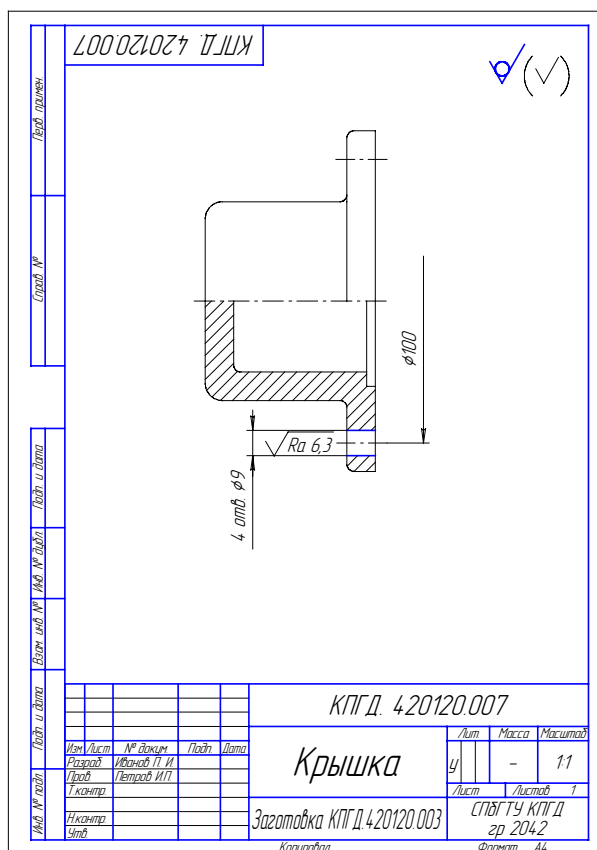


Рис. П.1.7.

3. В изделии есть поверхности, шероховатость которых не обусловлена требованиями конструкции и может быть любой - не нормируется. Шероховатость таких поверхностей на чертеже не обозначается вообще, и в подобных случаях выносить обозначение шероховатости или знак $\sqrt{\text{Ra}}$ в правый верхний угол чертежа не допускается, т.к. при этом неизбежны ошибки в понимании чертежа.
(На практике такие примеры встречаются редко, в учебных условиях не рассматриваются.)

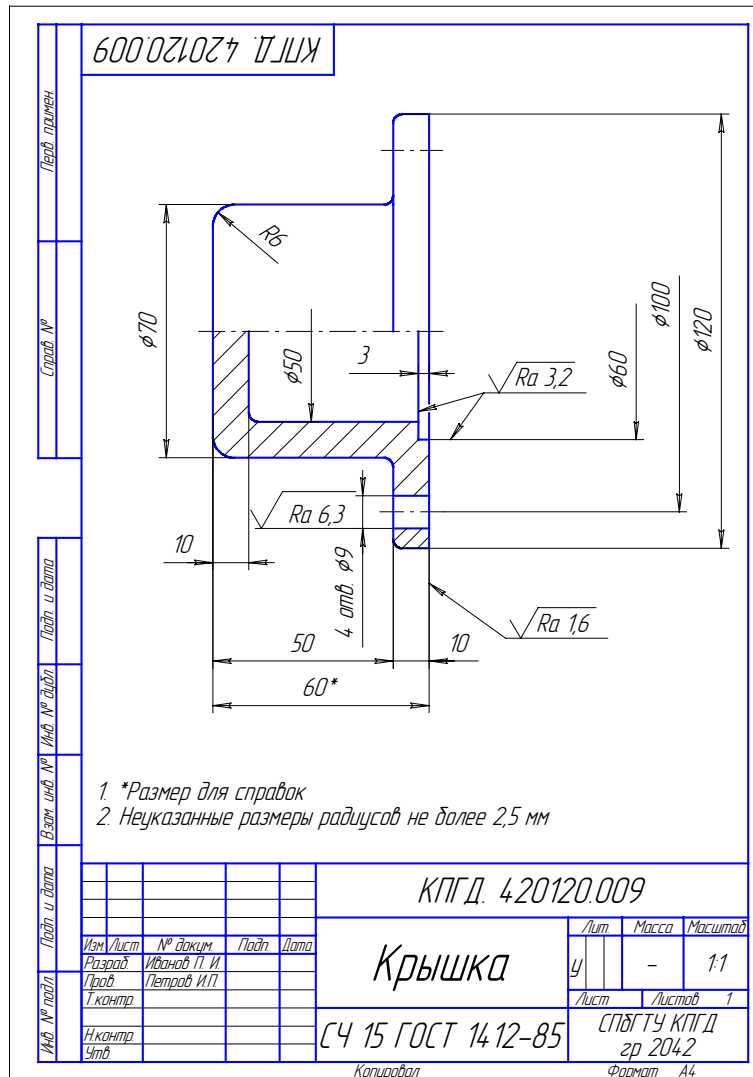


Рис. П.1.8.

**Шероховатость поверхности после некоторых видов и методов обработки деталей,
мкм.**

Примечания: 1. Значения шероховатости приведены для стали; для чугуна, алюминия и алюминиевых сплавов следует брать меньшие значения параметра.

2. Средние значения параметра шероховатости для данного вида обработки **подчеркнуты**.

Вид или метод обработки		Ra	Rz
1. Газовая резка (машинная)		50 - 10	320 - 40
2. Опиливание		40 – 2,5	160 - 10
3. Обработка наружных цилиндрических поверхностей	3.1. Отрезка (резцом, фрезой, приводной пилой)	50 – <u>25</u>	180 - 90
	3.2. Подрезание торцов	12,5 – <u>3,2</u> – 1,25	-
	3.3. Точение:		
	а) черновое, получистовое	40 – 5,0	160 – 20
	б) чистовое	6,3 – <u>3,2; 1,6</u> - 1,25	-
	в) тонкое	1,25 – <u>0,4</u> - 0,32	-
	3.4. Шлифование (чистовое)	1,6 – <u>0,8; 0,4</u> – 0,32	-
3.5. Притирка, доводка	0,16 - <u>0,05</u> – 0,01	-	
3.6. Полирование пастой	0,16 – 0,01	-	
4. Обработка внутренних цилиндрических поверхностей (отверстий)	4.1. Сверление:		
	а) до 15 мм	<u>12,5</u> – 2,5	-
	б) св. 15 мм	<u>25</u> – 12,5	-
	4.2. Рассверливание	25 – 2,5	-
	4.3. Зенкерование (чистовое)	6,3 – <u>3,2</u> – 0,8	-
	4.4. Развертывание (чистовое)	3,2 – <u>1,6</u> – 0,16	-
	4.5. Протягивание (чистовое)	6,3 – <u>0,8</u> – 0,16	-
	4.6. Растачивание:		
	а) черновое, получистовое	40 – 5,0	160 – 20
	б) чистовое	5,0 – <u>1,6</u> - 0,8	-
в) тонкое	2,5 – <u>0,4</u> – 0,2	-	
4.7. Шлифование (чистовое)	3,2 – <u>0,8</u> – 0,4	-	
4.8. Притирка, доводка	1,6 – <u>0,2</u> – 0,1	-	
4.9. Полирование пастой	1,6 – 0,1	-	
5. Обработка плоских поверхностей	5.1. Стругание		
	а) черновое	20 – <u>12,5</u> – 5,0	-
	б) чистовое	6,3 – <u>3,2</u> – 0,8	-
	5.2. Фрезерование		
	а) чистовое	6,3 – <u>3,2</u> - 1,6	-
	б) тонкое	1,6 – 0,2	-
	5.3. Шлифование		
	а) чистовое	0,63 – <u>0,4</u> - 0,1	-
	б) тонкое	0,32 – <u>0,2</u> - 0,04	-
	5.4. Шабрение (тонкое)	0,63 – 0,16	-
5.5. Полирование:			
а) пастой	0,63 – 0,04	-	
б) электрохимическое	0,04 – 0,01	-	
5.6. Притирка	3,2 – 0,1	-	
5.7. Доводка	0,32 – 0,04	-	
6. Нарезание резьбы (наружной и внутренней):			
а) плашкой, метчиками	10 – <u>6,3; 3,2</u> - 3,2	-	
б) резцом, фрезой	5,0 – <u>3,2; 1,6</u> - 0,8	-	

Таблица П.2.2

Шероховатость поверхности заготовок, получаемых литьем, мкм

Вид литья	Металлы или сплавы	Rz
1. В песчаные формы (наиболее распространенный и универсальный способ) - ручная формовка - машинная формовка	Черные металлы	320 – 80
	Цветные сплавы	320 – 40
	Черные металлы	80 – 20
	Цветные сплавы	80 – 20
2. В кокиль (способ обеспечивает повышенную прочность отливок)	Черные металлы	320 – 40
	Цветные сплавы	160 – 20
3. По выплавляемым моделям (отливка мелких и средних деталей произвольной конфигурации с высокими требованиями по точности и шероховатости, часто без последующей механической обработки, из труднообрабатываемых материалов (например, жаропрочных сплавов))	Черные металлы	80 – 20
	Цветные сплавы	80 – 10 (Ra 20 - 2,5)
4. Литье в оболочковые формы (отливка открытых (корытных, чашечных) деталей размером до 1м)	Черные металлы	160 – 40
	Цветные сплавы	80 - 20
5. Под давлением (массовое производство небольших и средних деталей, преимущественно из легкоплавких сплавов)	Алюминиевые сплавы	40 – 3,2
	Медные сплавы	40 – 3,2
		(Ra 5 - 0,63)

Таблица П.2.3

Шероховатость поверхности заготовок деталей, обрабатываемых давлением (сталь), мкм

Вид обработки	Ra
1. Горячая ковка в штампах, вырубка и пробивка, объемная штамповка	100 – 12,5
2. Холодная штамповка в вытяжных штампах (вытяжка полых деталей простых форм: корпуса, стаканы)	3,2 – 0,8
3. Холодная штамповка: вырубка, пробивка и зачистка (контурные размеры при вырубке плоских деталей, пробивке отверстий), меньшие значения при зачистке	12,5 – 0,8
4. Круглый холодный прокат (калиброванный)	3,2 – 0,8
5. Прокат листовой	3,2 – 0,8
6. Прокат ленты	1,6 – 0,8
7. Прокат труб	3,2 – 0,8

Примечание: Для чугуна, алюминия и алюминиевых сплавов следует брать меньшие значения параметра.

Шероховатость поверхности элементов деталей, мкм.*Примечание.*

Рекомендуется выбирать предпочтительные значения Ra (табл.2.2) из указанного ниже диапазона; чем выше точность, тем меньше значение шероховатости.

Элемент детали	Ra (Rz)
1. Нерабочие контуры деталей (литые, полученные резкой, вырубкой, опиливанием). Поверхности деталей, устанавливаемых на бетонных, кирпичных и деревянных основаниях.	(Rz 500-160)
2. Подошвы станин, корпусов, лап, несопрягаемые поверхности корпусов, механически обработанные. Кромки детали под сварные швы. Отверстия масляных каналов на валах.	(Rz 80 - 40)
3. Опорные поверхности пружин сжатия. Шестигранники, четырехгранники, лыски, поверхности головок винтов, болтов, пазы под ключ, шлиц под отвертку и т.п. Отверстия под крепежные детали, устанавливаемые с зазором.	20 – 5,0 (Rz 80-20)
4. Опорные поверхности под гайки и головки крепежных деталей (рядовые соединения)	5,0 – 1,25
5. Центрирующие буртики (фланцев, крышек, корпусных деталей и т.д.): - отверстие - буртик	5,0 – 1,25 2,5 – 0,63
6. Торцовые опорные поверхности неподвижных станин (фланцевых соединений и т. п.)	5,0 – 1,25
7. Поверхности разъема корпусов (редукторов, подшипников): - соединение герметичное с прокладкой без прокладки (металл по металлу) - соединение негерметичное	5,0 – 1,25 1,25 – 0,32 (притереть) 10,0 – 2,5
8. Свободные несопрягаемые поверхности деталей (торцы и несущие цилиндрические поверхности валов, муфт, втулок, зубчатых колес, шкивов, маховиков, рычагов и т.п.; фаски, галтели).	10 – 2,5 (Rz 40-10)
9. Поверхности втулок, колец, ступиц, прилегающие к другим поверхностям, но не являющиеся посадочными.	5,0 – 1,25 (Rz 20-10)
10. Вспомогательные технологические поверхности: выточки, канавки для выхода инструмента, канавки под уплотнительные резиновые кольца, фаски, галтели, зенковки, закругления и т.п.	10 – 2,5
11. Поверхности сферических опор	1,25 – 0,32
12. Сопрягаемые поверхности деталей в неподвижных неразъемных соединениях (цилиндрических и конических), деталей, испытывающих большие сдвигающие усилия (поверхности валов, осей под посадки дисков рабочих колес, втулок и т.п.), сопрягаемые поверхности деталей в неподвижных разъемных соединениях, к которым предъявляются высокие требования соосности и центрирования (посадочные поверхности штифтов, пальцев, круглых шпонок, а также отверстий под них).	1,25 – 0,32
13. Подшипники скольжения (трущиеся цилиндрические поверхности, вращающиеся): - отверстие (охватывающий элемент) - вал (охватываемый элемент)	1,25 – 0,16 0,63 – 0,08
14. Посадочные поверхности под подшипники качения: - отверстие (охватывающий элемент) - вал (охватываемый элемент) - торцовые поверхности	0,63 – 0,16 0,63 – 0,08 5,0 – 1,25

Продолжение табл.П.2.4

15. Цилиндры под поршни (поверхности, трущиеся вдоль оси): - с мягкими уплотнениями (резиновые манжеты) - с металлическими кольцами	1,25 – 0,08 0,32 – 0,02 (притереть)
16. Поршни (рабочая поверхность)	0,32 – 0,08
17. Штоки и шейки валов в уплотнениях	0,63 – 0,08
18. Уплотняющие поверхности ниппелей, штуцеров и т.п.	1,25 – 0,16
19. Золотники: - отверстие - золотник	0,63 – 0,08 (притереть) 0,32 – 0,02 (притереть)
20. Конические пробковые краны (рабочие поверхности): - отверстие - пробка	0,32 – 0,08 (притереть) 0,16 – 0,02 (притереть)
21. Клапаны с уплотняющими коническими поверхностями: - рабочая поверхность седла - рабочая фаска клапана	0,32 – 0,08 (притереть) 0,16 – 0,04 (притереть)
22. Направляющие поверхности (скольжения): - охватывающие - охватываемые	1,25 – 0,08 0,63 – 0,02
23. Шпоночно-пазовые соединения (рабочие грани): - пазы - шпонка - нерабочие грани	5,0 – 1,25 2,5 – 0,32 6,3 – 2,5
24. Шлицевые соединения - центрирующие поверхности - нецентрирующие поверхности	1,25 – 0,32 5,0 – 0,63
25. Резьба (крепёжная на болтах, винтах, гайках, а также на валах, штоках, втулках и т.д., в том числе коническая):	5,0 – 1,25
26. Винты ходовые (рабочие поверхности): - гайка - винт	2,5 – 0,63 1,25 – 0,32
27. Кулачковые механизмы (рабочие поверхности)	0,63 – 0,04
28. Зубчатые передачи (рабочие поверхности зубьев) - работающих с умеренными нагрузками и окружными скоростями - тяжело нагруженных и работающих при высоких скоростях	5,0 – 0,32 0,63 – 0,08
29. Храповые колеса (рабочие поверхности зубьев)	1,25 – 0,16
30. Фрикционы, тормоза (рабочие поверхности)	2,5 – 0,32
31. Шкивы плоско- и клиноременных передач	2,5 – 0,63
32. Детали управления (рукоятки, ободы маховиков, штурвалы, ручки, стержни, кнопки и т.п.)	0,63 – 0,08 (полировать)
33. Мерительный инструмент (рабочие поверхности)	0,04 – 0,01 (с доводкой)

Выбор значений параметров шероховатости Обозначение шероховатости поверхностей на чертеже

В курсе «Инженерная графика» есть целый ряд заданий, в которых необходимо проставлять шероховатость поверхностей, начиная с выполнения эскизов деталей машин и заканчивая работой над курсовым проектом.

Рассмотрим пример типового задания «Чтение чертежа». На рис. П.3.1 представлен чертеж общего вида (основная часть), где хорошо видно взаимное положение деталей, способ соединения и условия работы. Необходимо выполнить рабочие чертежи деталей, проставить шероховатость поверхностей. Значение шероховатости предлагается выбирать в зависимости от функционального назначения поверхностей деталей, учитывая возможные способы обработки деталей. Рис. П.3.2 – П.3.8 иллюстрируют основные принципы выбора этих значений и правила обозначения шероховатости на чертежах. Чтобы не загружать изображения «лишней» информацией, на них указаны только знаки шероховатости и размерные и выносные линии, необходимые для их простановки.

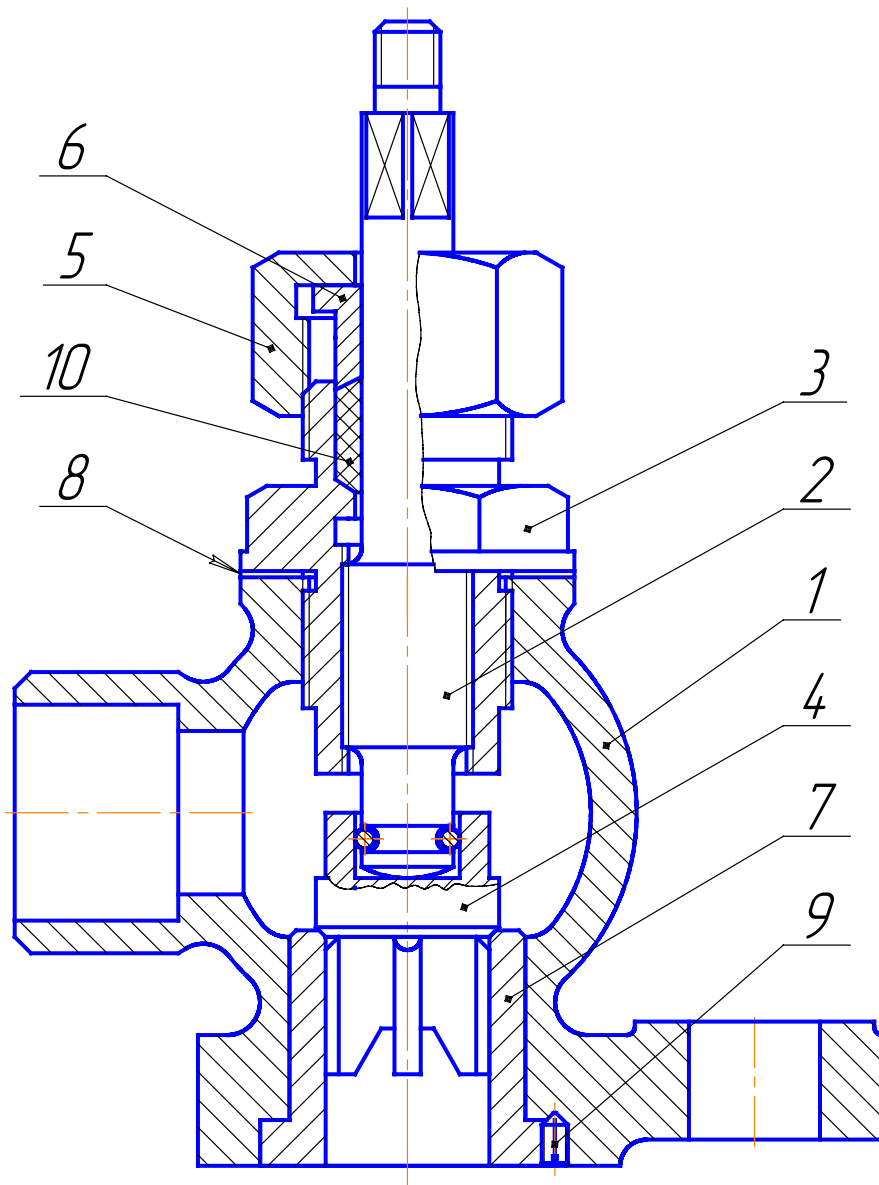


Рис. П.3.1. Вентиль

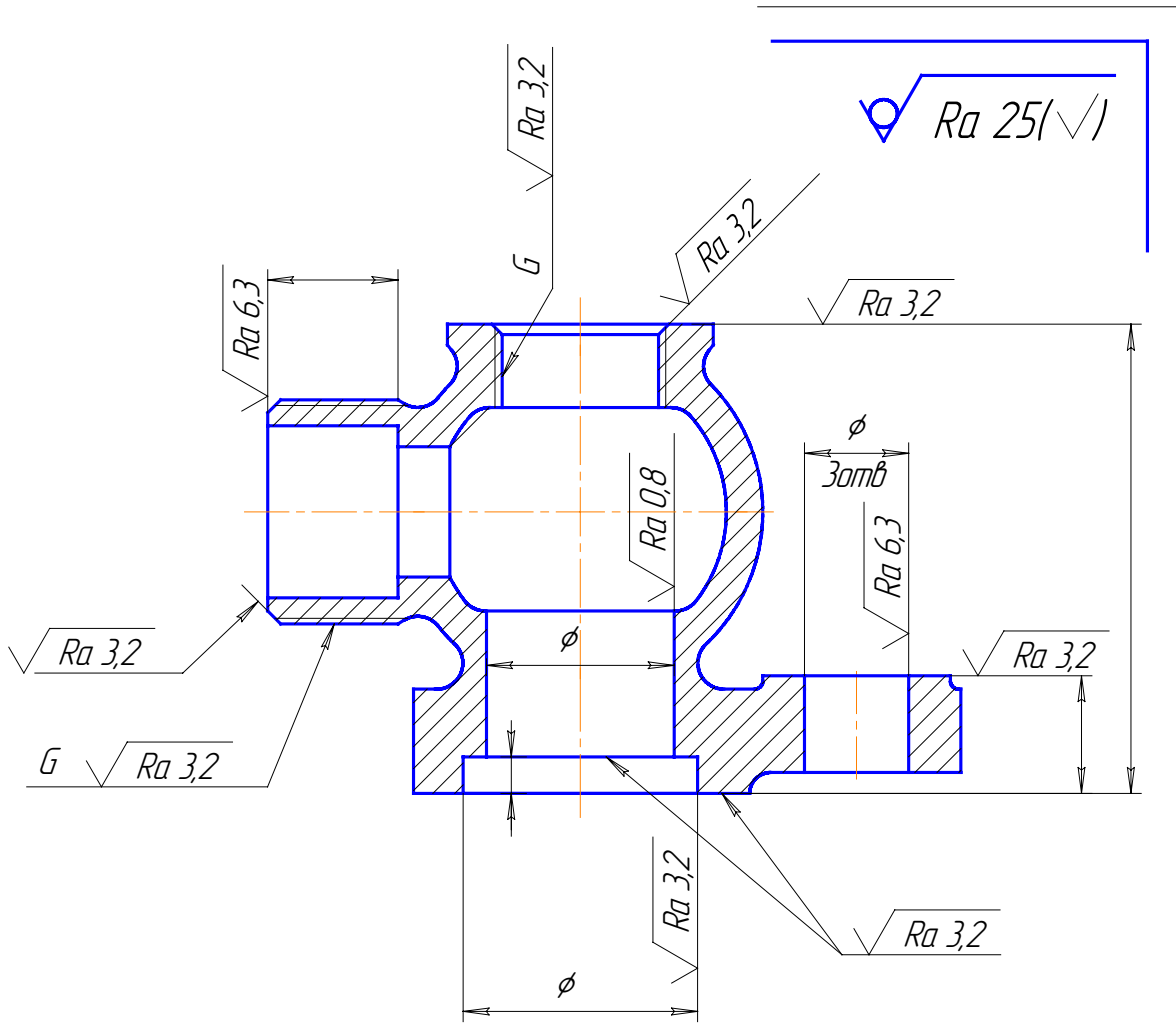


Рис. П.3.2 Корпус (поз. 1)

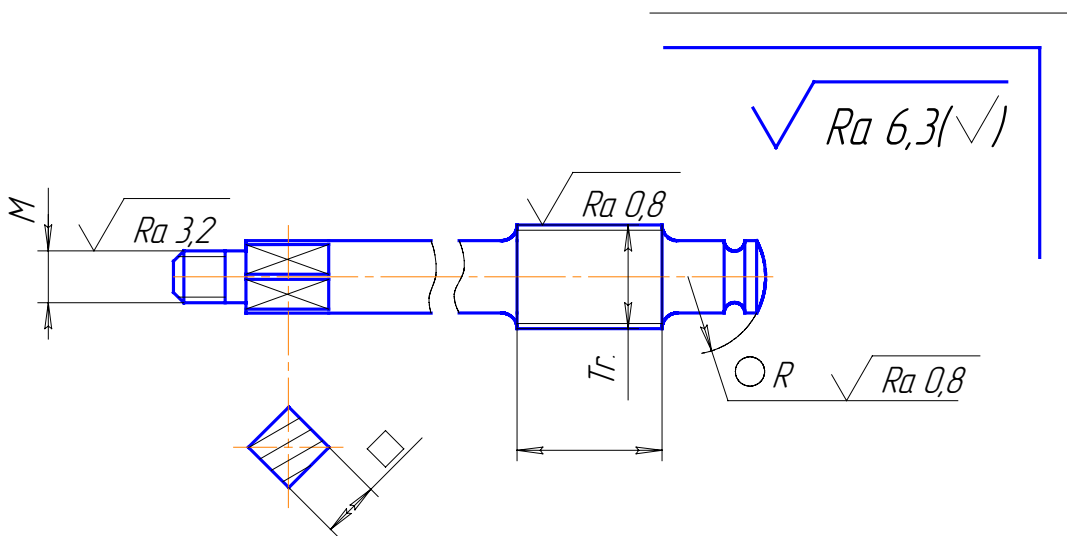


Рис. П.3.3 Шпиндель (поз. 2)

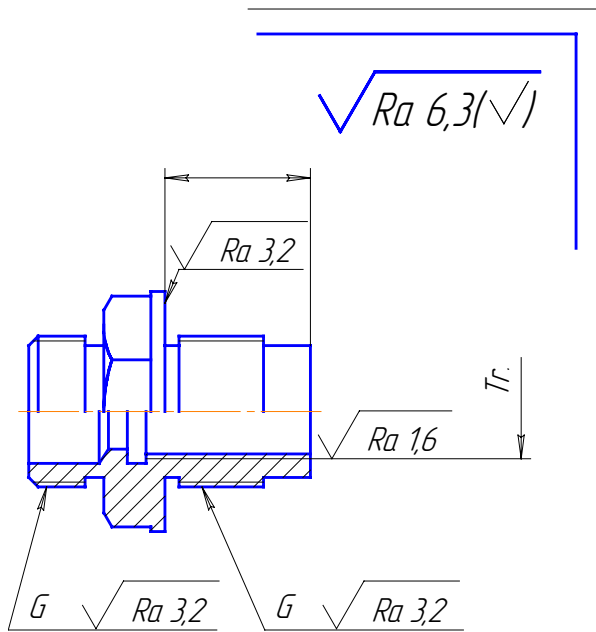


Рис. П.3.4. Крышка (поз. 3)

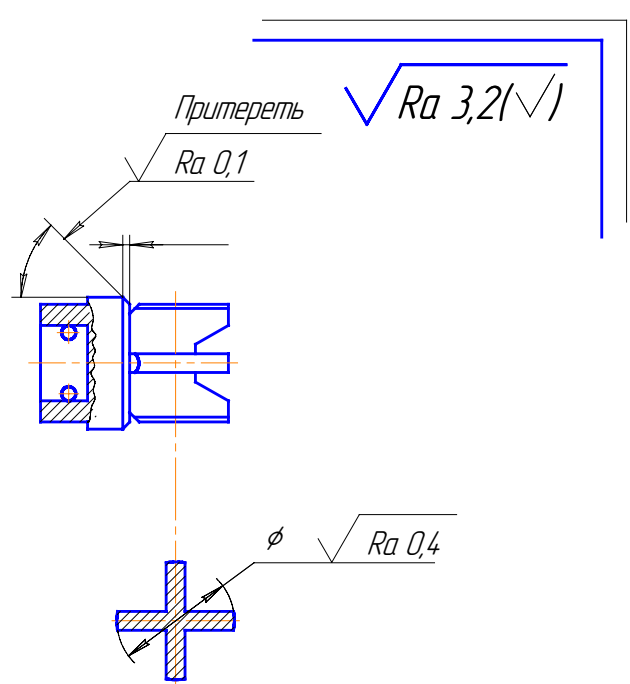


Рис. П.3.5. Клапан (поз. 4)

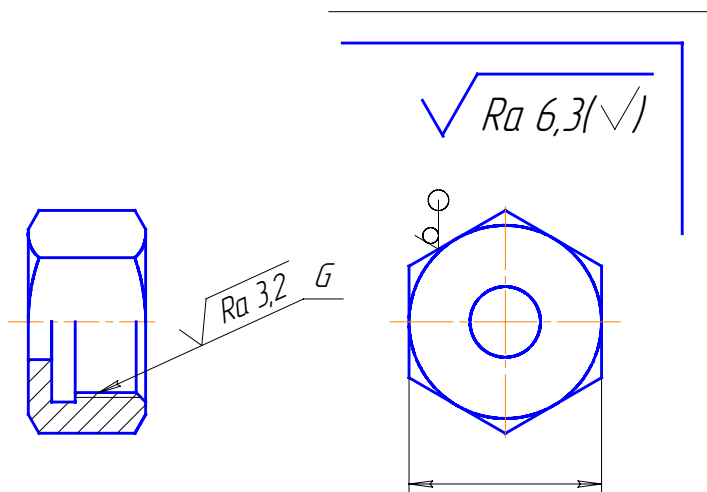


Рис. П.3.6. Гайка (поз. 5)
заготовка - шестигранник

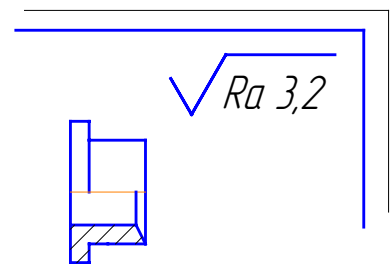


Рис. П.3.7. Втулка (поз. 6)

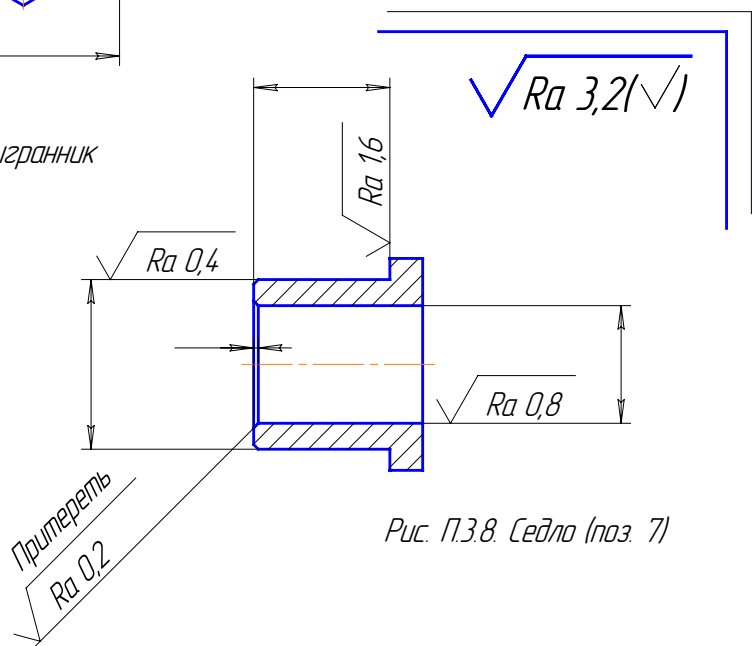


Рис. П.3.8. Седло (поз. 7)

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
1. Нормирование шероховатости поверхностей	4
1.1. Понятие о шероховатости поверхностей	4
1.2. Контроль шероховатости поверхностей	5
1.3. Параметры для нормирования шероховатости поверхностей	5
1.4. Выбор значений параметров шероховатости	6
2. Обозначение шероховатости поверхностей	9
2.1. Знаки, применяемые для обозначения шероховатости поверхностей	9
2.2. Структура обозначения	10
2.3. Правила нанесения обозначений шероховатости поверхностей на чертежах	11
Список литературы	16
Приложение 1	17
Приложение 2	25
Приложение 3	29