

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Сайфуллин Р.Н., Исламов Л.Ф.

**МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ. ТЕХНОЛОГИЯ  
КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ**

**Учебное пособие**  
к самостоятельным занятиям

Издание пятое, исправленное и дополненное

**Направления** 35.03.06 Агроинженерия  
**подготовки** 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника  
**бакалавров:** 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника  
23.03.02 Наземные транспортно-технологические  
комплексы  
23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических  
машин и комплексов

Уфа  
Башкирский ГАУ  
2019

УДК 378.148:669.015.8  
ББК 74.58+34.2  
М 34

**Рецензент:**

*д.т.н., профессор кафедры механики и инженерной графики ФГБОУ ВО «Башкирский ГАУ» Нафиков М.З.*

**Сайфуллин Р.Н., Исламов Л.Ф.**

М 34 Материаловедение. Технология конструкционных материалов [Текст]: учебное пособие к самостоятельным занятиям / Сайфуллин Р.Н., Исламов Л.Ф. – Уфа : Изд-во БашГАУ, 2019. – 212 с.

**ISBN 978-5-7456-0366-2**

В учебном пособии рассмотрены примеры выполнения домашнего задания и расчетно-графических работ. Приведена справочная информация для их выполнения, даны варианты заданий.

Учебное пособие составлено в соответствии с программой изучения дисциплины «Материаловедение. Технология конструкционных материалов» для обучающихся по направлениям подготовки бакалавров: 35.03.06 Агроинженерия, 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника, 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, 23.03.02 Наземные транспортно-технологические комплексы, 23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов

**ISBN 978-5-7456-0366-2**

УДК 378.148:669.015.8  
ББК 74.58+34.2  
М 34

© Сайфуллин Р.Н., Исламов Л.Ф., 2019

Башкирский государственный  
аграрный университет, 2019

©

## ОГЛАВЛЕНИЕ

1 РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1	
РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА	
ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ.....	4
1.1 Теоретические сведения.....	4
1.2 Содержание задания.....	11
1.3 Пример выполнения задания.....	12
1.4 Варианты заданий.....	23
2 РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2	
РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА	
РУЧНОЙ ЭЛЕКТРОДУГОВОЙ СВАРКИ.....	29
2.1 Теоретические сведения.....	29
2.2 Содержание задания.....	39
2.3 Пример выполнения задания.....	40
2.4 Варианты заданий.....	50
3 РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3	
ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ В ЭЛЕКТРОТЕХНИКЕ .....	76
3.1 Теоретические сведения.....	76
3.2 Содержание задания.....	78
3.3 Пример выполнения задания.....	79
3.4 Варианты заданий.....	87
4 РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА № 4	
РАЗРАБОТКА ТОКАРНОЙ ОПЕРАЦИИ .....	90
4.1 Теоретические сведения.....	90
4.2 Пример выполнения задания.....	117
5 РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА № 5	
РАЗРАБОТКА МАРШРУТНОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО	
ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН В	
УСЛОВИЯХ РЕМОНТНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ .....	143
5.1 Теоретические сведения.....	143
5.2 Пример выполнения задания.....	161
5.3 Варианты заданий.....	186

# РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1

## РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ

### 1.1 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

#### АНАЛИЗ СВОЙСТВ ДЕТАЛЕЙ МАШИН, ОБРАБОТАННЫХ РАЗЛИЧНЫМИ ВИДАМИ ОБЪЕМНОГО И ПОВЕРХНОСТНОГО УПРОЧНЕНИЯ

Ниже приводится описание условий работы некоторых характерных деталей тракторов и автомобилей. Эти примеры охватывают практически все виды нагрузений различных деталей тракторов, автомобилей и других машин.

При выполнении домашнего задания, пункта «Анализ условий работы деталей» можно использовать описание условий работы аналогичных деталей, приведенное ниже.

**1.1 Кривошипно-поршневой узел** (рисунок 1.1) двигателя внутреннего сгорания служит для преобразования поступательно-возвратного движения поршня в цилиндре двигателя во вращательное движение коленчатого вала с помощью кривошипно-шатунного механизма.

В кривошипно-поршневой узел входят: поршень с поршневыми кольцами, поршневой палец, шатун с втулкой и вкладышами, коленчатый вал.

**Поршни** работают в условиях высоких тепловых циклических нагрузок. Их изготавливают из деформируемых и литейных алюминиевых сплавов.

**Поршневой палец** служит для шарнирного соединения поршня с шатуном. При работе поршневой палец подвергается воздействию больших механических нагрузок, переменных по значению и направлению, поэтому он должен быть прочным и жестким. Кроме этого поршневой палец должен быть износостойчивым. Для получения твердого износостойкого верхнего слоя металла пальца и вязкой сердцевины, способной работать в условиях ударных нагрузок, палец подвергают поверхностной упрочняющей обработке. Если палец изготовлен из малоуглеродистой стали его подвергают цементации или нитроцементации, если из среднеуглеродистой – поверхностной закалке с нагревом токами высокой частоты, для уменьшения трения наружная поверхность пальцев полируется.

**Шатун** соединяет поршень с коленчатым валом и передает усилия, действующие на поршень коленчатому валу. Шатун должен быть прочным, жестким и легким. Он имеет верхнюю и нижнюю цилиндрические головки, в отверстиях которых устанавливаются бронзовые втулки и вкладыши подшипников скольжения, стержень двутаврового сечения. При работе шатуны подвергаются нагрузке вдоль оси, а также поперечной изгибающей нагрузке от сил инерции. Эти нагрузки знакопеременны и носят ударный характер, поэтому шатуны должны обладать высокой усталостной и динамической прочностью. Шатуны штампуют из качественной и высококачественной углеродистой или

легированной стали и подвергают термообработке. Такие же требования по прочности предъявляют к **шатунным болтам**, крепящим нижнюю крышку шатуна.

**Коленчатый вал** воспринимает через шатун усилия, действующие на поршни и передает их механизмам трансмиссии. От него приводятся в действие и различные механизмы двигателя.

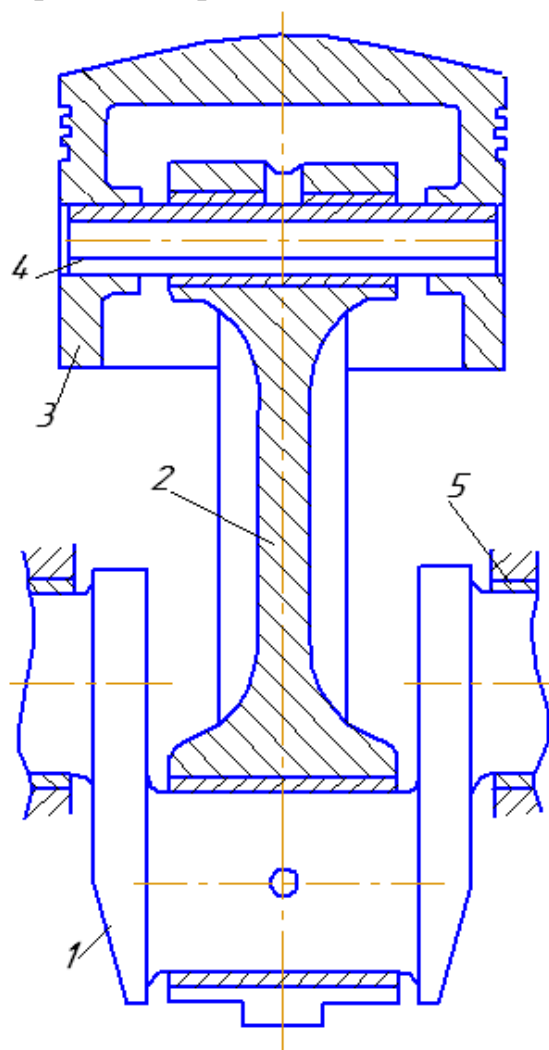


Рисунок 1.1 Кривошипно-поршневой узел двигателя

1-коленчатый вал, 2-шатун, 3-поршень, 4-поршневой палец, 5-подшипник скольжения коренной шейки коленчатого вала.

При работе двигателя коленчатый вал нагружен периодически действующими силами от давления газов (передаваемых через шатун) и силами инерции возвратно – поступательного движущихся и вращающихся частей. Под действием этих сил в коленчатом вале возникают циклически меняющиеся напряжения кручения и изгиба. Между поверхностями шеек вала возникают силы трения, вызывающие износ шеек. Вследствие того, что коленчатый вал подвергается многократным знакопеременным нагрузкам его служебная долговечность определяется прежде всего усталостной (циклической) прочностью (выносливостью).

Коленчатые валы штампуют из качественных углеродистых и низколегированных улучшаемых сталей или отливают из магниевых чугунов. Для повышения твердости и износостойкости коренные и шатунные шейки стальных валов подвергают поверхностной закалке токами высокой частоты.

**1.2 Клапанный механизм распределения** (рисунок 1.2) обеспечивает впуск в цилиндры горючей смеси и выпуск отработанных газов.

**Клапаны** работают в условиях значительных механических и тепловых нагрузок. При поступательно-возвратном движении, клапана на его стержень и тарелку действуют циклические растягивающие нагрузки, конусный пояс тарелки, поверхность стержня в направляющей втулке и торец стержня подвергаются трению и изнашиванию. Во время работы двигателя впускные клапаны нагреваются до 300...400, а выпускные до 400...900. Клапаны изготавливают штамповкой из сталей удовлетворяющих следующим требованиям: достаточная прочность, твердость и износостойкость при

тарелку действуют циклические растягивающие нагрузки, конусный пояс тарелки, поверхность стержня в направляющей втулке и торец стержня подвергаются трению и изнашиванию. Во время работы двигателя впускные клапаны нагреваются до 300...400, а выпускные до 400...900. Клапаны изготавливают штамповкой из сталей удовлетворяющих следующим требованиям: достаточная прочность, твердость и износостойкость при

высоких температурах; хорошая сопротивляемость термической и механической усталости; высокая окалиностойкость (для выпускных клапанов).

По конструкции клапаны бывают цельными, сварными, с наплавкой специальным сплавом. Для впускных клапанов применяют конструкционные легированные или жаропрочные стали. Выпускные клапаны изготавливают из жаропрочных сталей различных марок (в зависимости от рабочих температур).

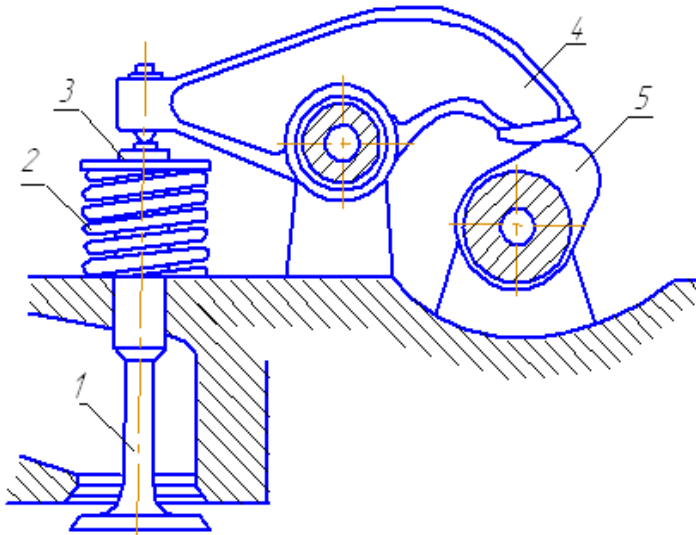


Рисунок 1.2 Клапанный механизм газораспределения

1-клапан, 2-пружина клапана, 3-направляющая втулка, 4-коромысло, 5-кулачек распределительного вала

Требуемые свойства клапанов достигаются термической обработкой.

**Пружины** клапанов испытывают при работе циклические напряжения расширения и сжатия. Для изготовления пружин применяют углеродистую и легированную конструкционную сталь высокой прокаливаемости. Пружины после термической обработки должны обладать высокими значениями пределов упругости и усталостной прочности при достаточной вязкости. Для повышения выносливости и долговечности пружина после термической обработки может подвергаться поверхностному наклепу путем дробеструйной обработки.

**Коромысла** клапанов работают в условиях высоких удельных нагрузок, а именно поверхность, соприкасающаяся с кулачком распределительного вала, которая испытывает сильное трение.

Коромысла изготавливают штамповкой из углеродистых конструкционных сталей а также литьем из ковкого перлитного чугуна.

**Распределительные валы** при помощи кулачков через коромысла открывают и закрывают клапана. Поверхность кулачков испытывает при вращении вала сильное трение и изнашивание в условиях больших контактных нагрузок и при недостатке смазки, которая выдавливается из зоны контакта между кулачком и коромыслом. В результате в зоне контакта происходит кратковременный нагрев, достигающей температуры 300...600С, что может вызвать изменение структуры и снижение твердости, а также термическую усталость металла. Опорные шейки распределительных валов также подвергаются изнашиванию при трении в подшипниках скольжения, а сами валы испытывают нагрузки изгиба и кручения.

Распределительные валы изготавливают из конструкционных углеродистых улучшаемых или легированных цементируемых сталей, а также литьем из стали или чугуна. Применяются такие чугунные валы с отбеленными кулачками, не требующие термической обработки.

**1.3 Коробка передач** преобразует крутящий момент по величине и направлению для подачи его от двигателя к ведущему мосту автомобиля или трактора. Механическая коробка передач состоит из шестерен, валов с опорами и уплотнениями, механизма переключения передач. Шестерни, валы, подшипники (рисунки 1.3 и 1.4) коробок передач несут большие нагрузки.

**Шестерни** коробок передач при работе испытывают ударные нагрузки, а поверхность зубьев – трение при больших контактных нагрузках. Шлицы посадочных отверстий шестерен испытывают сминающие нагрузки, а у шестерен, перемещаемых по валам также сминающие и изнашивание. Изнашиванию подвергаются поверхность кольцевых выточек шестерен, в которые входят вилки переключения и концы вилок. Шестерни коробки передач изготавливают штамповкой из легированных конструкционных цементируемых сталей.

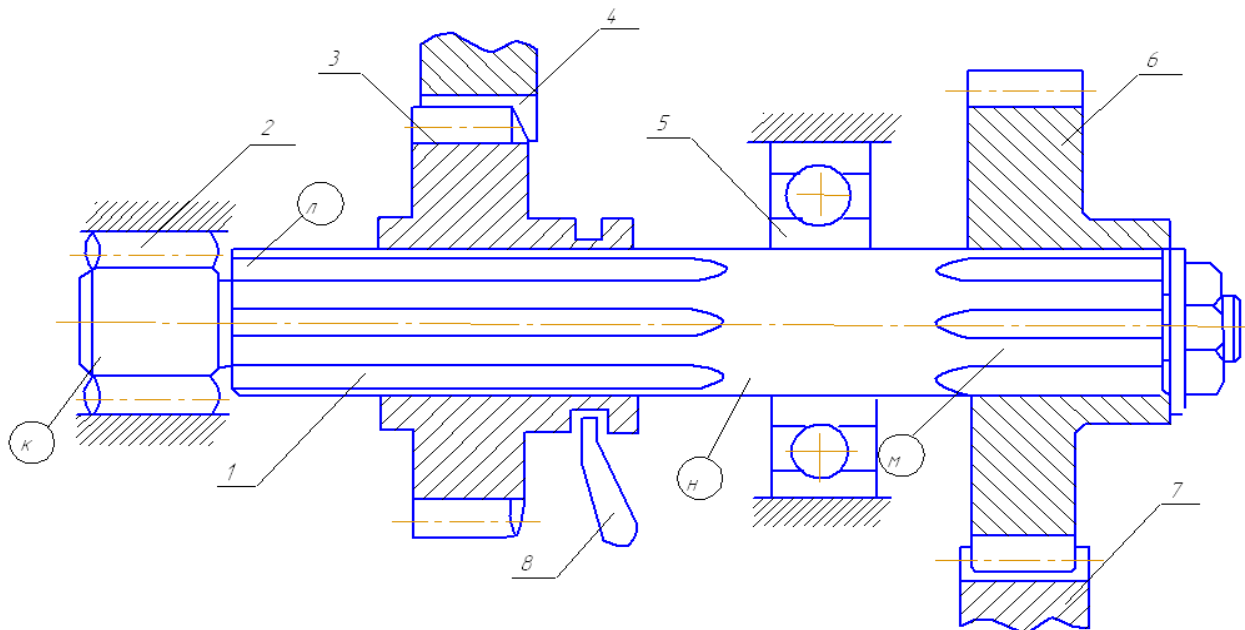


Рисунок 1.3 Узел коробки перемены передач (КПП)

1-шлицевой вал, 2-ролик подшипника, 3-подвижная шестерня, 4-шестерня, 5-шарикоподшипник, 6-неподвижная шестерня, 7-шестерня, 8-вилка переключения

**Валы** коробок передач часто имеют шлицы для соединения с шестернями, установленными на них. Валы в основном двухопорные, на шариковых или роликовых подшипниках качения. При работе, вал испытывает напряжения изгиба и кручения, поверхность шлицов работает на смятие и испытывает трение. Валы должны иметь высокую жесткость, так как деформация ведет к нарушению правильного зацепления шестерен, быстрому их износу и разрушению подшипников.

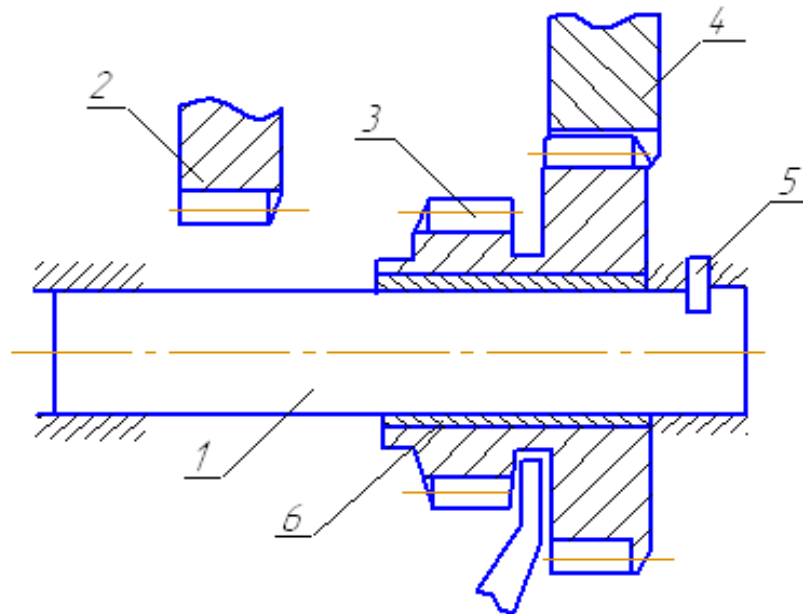


Рисунок 1.4 Узел коробки перемены передач (КПП)

1-ось; 2-шестерня; 3-блок шестерен; 4-шестерня; 5-фиксатор; 6-подшипниковая втулка.

Валы коробок передач изготавливают из проката легированной или углеродистой конструкционной улучшаемой или цементируемой стали и подвергают термической или химико-термической обработке. Для некоторых валов по условиям их работы требуется различная твердость разных участков вала. Так поверхность «К» шлицевого вала требует очень высокой твердости вследствие больших контактных нагрузок от роликов подшипников качения, а поверхности «Л», «Н», и «М» должны иметь меньшую твердость.

**Подшипники качения** шариковые или роликовые испытывают при работе значительные статические нагрузки при очень больших контактных нагрузках, изготавливаются штамповкой и прокаткой из шарикоподшипниковой стали и подвергаются термической обработке на высокую твердость.

1.4 Узел поддерживающего ролика (рисунок 1.5) входит в ходовую часть (гусеничный движитель) трактора. Ролики уменьшают и препятствуют боковому смещению гусеницы.

**Ролик** подвергается сильному трению о поверхность гусеницы и абразивному изнашиванию. Изготавливается литьем из углеродистой стали и поверхностно закаливается.

**Ось** поддерживающего ролика испытывает значительные изгибающие нагрузки, так как закреплена консольно в корпусе. Ось изготавливают из проката углеродистой конструкционной улучшаемой стали.



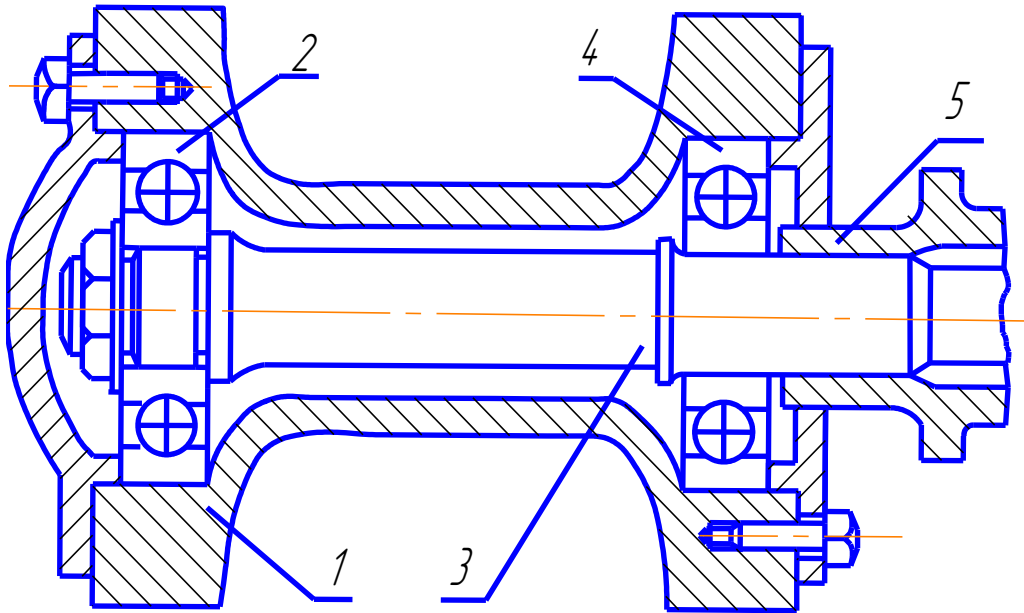


Рисунок 1.5 Узел поддерживающего ролика

1-поддерживающий ролик, 2, 4-шарикоподшипники, 3-ось, 5-кронштейн.

### **Классификация деталей машин по условиям работы, применяемым сталям и видам упрочняющей обработки.**

В зависимости от условий работы деталей различных машин их можно разделить на следующие группы:

**1 Детали, подвергающиеся только статическим или динамическим нагрузкам** (изгиб, растяжение, кручение без ударов либо с ударами) - оси, шатуны, рычаги, пружины, рессоры.

Группа сталей - *улучшаемые* (0,35...0,55%С), марки – 35, 40, 45, 50, 55, 35Х, 38ХС, 40Х, 40Г, 45Х, 40ХН, 40ХНМА и др.; структура – сорбит отпуска, твердость HRC30.

Группа сталей - *рессорно-пружинные* (0,5...0,8%С) , марки – 65, 70, 75, 80, 85, 65Г, 50ХФА, 50ХГ, 70С2 А и др.; структура – троостит отпуска, твердость HRC45.

Стали этих групп должны иметь полную прокаливаемость.

**2 Детали, подвергающиеся статическим или динамическим нагрузкам с одновременным трением скольжения.**

*2.1 Детали простой геометрической формы:* валы (гладкие и шлицевые), пальцы, кулачки, крестовины дифференциалов, зубчатые колеса постоянного зацепления, коленчатые валы и др.

Группа сталей – *закаливаемые* (улучшаемые (0,4...0,6% С) с низкой прокаливаемостью, марки – 40, 45, 50, 55, 60, 40Х, 40Г, 50Х, 50Г и др.; структура: поверхность (после поверхностной закалки) – отпускаемый мартенсит, твердость HRC55...58; сердцевина – феррит + перлит или сорбит отпуска, твердость HRC25...30.

2.2 *Детали сложной геометрической формы:* зубчатые колеса переменного зацепления, червяки, крестовины карданов и др.

Группа сталей – цементируемые (0,1...0,3%С), марки - 20, 25, 30, 20Х, 18ХГТ, 20ХГНР и др.; структура: поверхность – отпущенный мартенсит + карбиды, твердость HRC60; сердцевина – отпущенный мартенсит, твердость HRC30...40.

**3 Детали, подвергающиеся высоким контактным нагрузкам, при трении качения или трении скольжения «сталь по стали», входящие в узлы и агрегаты с высокими требованиями по точности и надежности.**

3.1 *Детали простой геометрической формы:* валы, пальцы, зубчатые колеса, кулачки и др.

Группа сталей – поверхностно-закаливаемые с пониженной прокаливаемостью (0,55...0,60% С), марки – 55пп, 60пп.; структура: поверхность - отпущенный мартенсит, твердость HRC60; сердцевина – феррит + перлит или сорбит, твердость HRC25...30.

Группа сталей – шарикоподшипниковые, с глубокой прокаливаемостью (1% С, ≈1,5% Cr), ШХ15, ШХ15СГ; структура: отпущенный мартенсит + карбиды, твердость HRC60...65.

3.2 *Детали сложной геометрической формы:* шестерни переменного зацепления, крестовины карданов, червяки, ролики червяков, гильзы цилиндров, коленчатые валы и др.

Группа сталей – цементируемые (0,1...0,3% С), марки – 18ХГТ, 12Х2Н4А, 20Х2Н4А, 20ХН3А и др.; структура: поверхность – отпущенный мартенсит + карбиды, твердость HRC>60, сердцевина – низкоуглеродистый отпущенный мартенсит, твердость HRC30...40.

Группа сталей – азотируемые (0,35...0,40% С), марки – 38ХМЮА, 38ХН3МА;...40ХНМА и др.; структура: поверхность – слой нитридов, твердость HRC70, сердцевина – сорбит отпуска, твердость HRC30.

## 1.2 СОДЕРЖАНИЕ ЗАДАНИЯ

1. **Исходные данные.** Чертеж детали, марка стали, тип производства.

2. **Характеристика детали.** Привести конструктивную характеристику детали, указать способ изготовления заготовки.

3. **Анализ условий работы детали.** Описать условия работы детали, указав вид и характер нагружения. Привести технические требования к детали, удовлетворяющие условиям ее работы. Кратко указать технические требования на чертеже детали.

4. **Характеристика заданной марки стали.** Привести полную классификацию стали (по назначению, химическому составу и степени легирования, технологическим признакам — виду упрочняющей обработки), указать ее химический состав по ГОСТ, механические свойства в состоянии поставки, температуры критических и мартенситных точек, величину критической скорости закалки.

5. **Выбор вида и способа термической обработки.** Выбрать и обосновать виды и способы предварительной и окончательной термической и химико-термической обработки.

6. **Выбор последовательности всех операций изготовления детали.** Выбрать и обосновать необходимость основных и вспомогательных операций технологического процесса изготовления детали. Привести общую схему последовательности операций изготовления детали. Операции термической обработки на общей схеме изобразить графически, в координатах «время-температура».

7. **Назначение режимов предварительной и окончательной термической обработки.**

7.1 Предварительная термическая обработка. Выбрать (рассчитать) и обосновать температуру нагрева, время нагрева и выдержки, режим охлаждения (скорость охлаждения и охлаждающая среда для операции предварительной термической обработки), (см.п.5). Указать структуру и механические свойства стали после предварительной термической обработки.

7.2 Окончательная термическая обработка. Выбрать (рассчитать) и обосновать температуры нагрева, время нагрева и выдержки, режим охлаждения (скорость охлаждения и охлаждающая среда) для операции окончательной термической обработки, (см.п.5). Указать структуру и механические свойства стали после окончательной термической обработки.

8 **Выбор оборудования для окончательной термической обработки.** Выбрать оборудование, указать его характеристики.

9 **Составление технологической карты на основную операцию окончательной термической обработки.** Составить технологическую карту.

10 **Разработка мероприятий по безопасным условиям труда и экологической безопасности.** Назначить конкретные мероприятия применительно к разработанному в задании технологическому процессу окончательной термической или химико-термической обработки.

11 **Составление списка использованной литературы.** Составить в соответствии с правилами список использованной литературы.

### 1.3 ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЯ

ФГБОУ ВПО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»

Факультет: «Механический»

Кафедра: «Технология металлов и ремонт машин»

Направление: «Агроинженерия»

Форма обучения: очная

Курс, группа: 1,1

Вариант 1

**ИВАНОВ ИВАН ИВАНОВИЧ**

**РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА**

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА  
ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ РОЛИКА ПОДШИПНИКА

«К защите допускаю»

Руководитель:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

(подпись)

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Оценка при защите:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

(подпись)

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Уфа 20\_\_

## ОГЛАВЛЕНИЕ

1 ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ	
бланк задания; чертеж детали; тип производства .....	3
2 ХАРАКТЕРИСТИКА ДЕТАЛИ .....	5
3 АНАЛИЗ УСЛОВИЙ РАБОТЫ ДЕТАЛИ.....	5
4 ХАРАКТЕРИСТИКА ЗАДАННОЙ МАРКИ СТАЛИ.....	5
5 ВЫБОР ВИДА И СПОСОБА ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ .....	6
6 НАЗНАЧЕНИЕ РЕЖИМОВ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ И ОКОНЧАТЕЛЬНОЙ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ	
6.1 Предварительная термическая обработка .....	6
6.2 Окончательная термическая обработка .....	7
7 ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВСЕХ ОПЕРАЦИЙ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ .....	8
8 ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ОКОНЧАТЕЛЬНОЙ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ .....	8
9 СОСТАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ КАРТЫ НА ОСНОВНУЮ ОПЕРАЦИЮ ОКОНЧАТЕЛЬНОЙ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ .....	9
10 РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО БЕЗОПАСНЫМ УСЛОВИЯМ ТРУДА И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ .....	9
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....	11

						Лист
						2
Изм.	Лист	№ докум.	Подпис	Дат		

**ФГБОУ ВПО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»**

Факультет: «Механический»  
Кафедра: «Технология металлов и ремонт машин»  
Направление: «Агроинженерия»  
Форма обучения: очная  
Курс, группа: 2, 1

**ЗАДАНИЕ**

**на расчетно-графическую работу**

Вариант

**Иванов Иван Иванович**

*(Фамилия, имя, отчество студента)*

**1 Тема работы:** *Разработка технологического процесса термической обработки ролика подшипника.*

**2 Исходные данные:** 1) Деталь: ролик подшипника качения;

2) Марка стали: ШХ15 ГОСТ 801-90;

3) Тип производства: массовое.

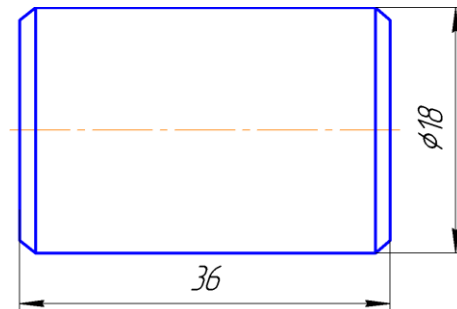


Рисунок 1 Ролик подшипника качения

**3 Содержание работы:** 1. Исходные данные; 2. Характеристика детали; 3. Анализ условий работы детали; 4. Характеристика заданной марки стали; 5. Выбор вида и способа термической обработки; 6. Назначение режимов предварительной и окончательной термической обработки: 6.1 Предварительная термическая обработка, 6.2 Окончательная термическая обработка; 7. Последовательность всех операций изготовления деталей; 8. Выбор оборудования для окончательной термической обработки; 9. Составление технологической карты на основную операцию окончательной термической обработки. 10. Разработка мероприятий по безопасным условиям труда и экологической безопасности; 11. Составление списка использованной литературы.

**4 Дата выдачи задания:**

**5 Срок сдачи студентом законченной работы:**

**Руководитель:** \_\_\_\_\_ / профессор Левин Э.Л.

**Задание принял к исполнению:** \_\_\_\_\_ / Иванов И.И.

## 1 ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Наименование детали - ролик подшипника;

Марка стали - ШХ15;

Тип производства - массовый.

## 2 ХАРАКТЕРИСТИКА ДЕТАЛИ

Ролик представляет собой деталь цилиндрической формы, имеющую фаски по торцевым поверхностям. Заготовкой является прокат горячекатаной или холодноотянутой стали.

## 3 АНАЛИЗ УСЛОВИЙ РАБОТЫ ДЕТАЛИ

Ролик является элементом подшипника качения; при работе подвергается большим контактными нагрузкам циклического характера, приложенным на чрезвычайно малую площадь (линия касания ролика наружной и внутренней обоймы роликоподшипника). Твердость поверхности ролика HRC<sub>3</sub> 62...65, является максимальной, которую можно достигнуть для стали. Цилиндрическая поверхность ролика полируется.

## 4 ХАРАКТЕРИСТИКА ЗАДАННОЙ МАРКИ СТАЛИ

Сталь ШХ 15:

- по назначению – шарико- и роликоподшипниковая;
- по химическому составу – заэвтектоидная, хромистая, низколегированная;

						Лист
						5
Изм.	Лист	№ докум.	Подпис	Дат		

- по качеству - высококачественная;
- по виду упрочняющей обработки – закаливаемая.

Таблица 1 Химический состав стали ШХ15 в % по ГОСТ 801-90, /5/

C	Mn	Si	Cr	Не более			
				Ni	P	S	Cu
0,95...1,05	0,2...0,4	0,17...0,34	1,3...1,65	0,3	0,027	0,02	0,25

Температура критических точек, /5/:

$A_{c1} = 724^{\circ}\text{C}$ ;  $A_{\kappa_1} = 694^{\circ}\text{C}$ ;  $A_{c_{cm}} = 750^{\circ}\text{C}$ ;

Температура мартенситной точки:  $M_H = 110^{\circ}\text{C}$ .

Примерная величина критической скорости заковки  $V_{кр} = 30...40^{\circ}\text{C/с}$ .

Твердость стали в холоднокатаном состоянии - HB 2250...2400.

## 5 ВЫБОР ВИДА И СПОСОБА ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

С целью улучшения обрабатываемости заготовки – ролика резанием и подготовки структуры стали к окончательной термической обработке следует провести предварительную термическую обработку – отжиг, а после черновой механической обработки изделия – закалку с отпуском.

## 6 НАЗНАЧЕНИЕ РЕЖИМОВ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ И ОКОНЧАТЕЛЬНОЙ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

### 6.1 Предварительная термическая обработка

Предварительная термическая обработка – циклический (маятниковый) отжиг на зернистый перлит.

						Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		6



Температура нагрева для отжига рассчитывается по формуле:

$$T_H = A_{C_1} + (30...50)^\circ\text{C} = 724 + (30...50)^\circ\text{C} = 760...780^\circ\text{C} \quad (1)$$

Отжиг проводится в следующей последовательности:

Нагрев до температуры 760...780°C;

Медленное охлаждение до 680°C; выдержка в течении 1...3 мин; нагрев до 740°C и в такой последовательности 3...5 циклов.

После такой обработки сталь ШХ15 приобретает следующие механические свойства:

НВ 1790... 2070;

$\sigma_B = 590...730$  МПа;

$\delta = 15...20\%$ ;

КСУ = 44 Дж/см<sup>2</sup>;

$\sigma_{-1} = 334$  МПа

Структура стали после предварительной термической обработки – зернистый перлит с глобулярными включениями вторичного цементита. После отжига проводится черновая механическая обработка – точение на токарных станках-автоматах.

## 6.2 Окончательная термическая обработка

Операции окончательной термической обработки выбираются в зависимости от технических (т.е. эксплуатационных) требований к заданной детали. Так как по техническим требованиям необходима максимальная твердость и высокая контактная и циклическая прочность, выбираются, с учетом марки стали, следующие операции термической обработки:

- 1) объемная закалка;
- 2) низкотемпературный отпуск.

Температура нагрева при закалке рассчитывается по формуле:

$$T_H = A_{C_1} + (20...30)^\circ\text{C} = 724 + (20...30)^\circ\text{C} = 745...755^\circ\text{C} \quad (2)$$

						Лис
						7
Изм.	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		

Продолжительность нагрева 35...40 мин.

Охлаждающей средой для стали ШХ15 служит маловязкое масло (например, трансформаторное или веретенное).

После закалки проводится низкотемпературный отпуск при температуре 150...160 °С, в течении 1,5...2 часов.

Окончательная структура металла детали после термической обработки: мелкоигольчатый отпущенный мартенсит с вторичным цементитом глобулярной формы; твердость HRC, 62... 65.

## 7 ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВСЕХ ОПЕРАЦИЙ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ

Последовательность всех операций изготовления ролика можно изобразить графиком в координатах «температура – время». Операции обработки указаны №№ - от 1 до 6 включительно; операции контроля – буквами от *a* до *z*, (рисунок 1).

## 8 ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ОКОНЧАТЕЛЬНОЙ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Выбор оборудования производится в соответствии с назначенными операциями и рассчитанными режимами термической обработки.

Выбираются:

- для нагрева под закалку - закалочный конвейерный электропечной агрегат с защитной (контролируемой) атмосферой СКЗ - 12.100.10/9.

Техническая характеристика агрегата:

$t_{\text{Hmax}} = 900^{\circ}\text{C}$ ;

$N = 650...850 \text{ кВт}$ ;

						Лис
						8
Изм.	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		

Площадь пода -  $1,2 \times 10$  м.

Для отпуска выбирается отпускной конвейерный электропечной агрегат с защитной (контролируемой) атмосферой СКО - 20.155.04/3.

Техническая характеристика агрегата:

$t_{\text{Hmax}} = 350^{\circ}\text{C}$ ;

$N = 350$  кВт;

Площадь пода -  $2,0 \times 4,5$  м.

### 9 СОСТАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ КАРТЫ НА ОСНОВНУЮ ОПЕРАЦИЮ ОКОНЧАТЕЛЬНОЙ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Составляется технологическая карта на операцию «Закалка ролика подшипника качения».

Технологическая карта приведена в конце работы.

### 10 РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО БЕЗОПАСНЫМ УСЛОВИЯМ ТРУДА И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

1. Все работающие должны регулярно (2 раза в год) проходить инструктаж по безопасным приемам работы с оборудованием.
2. Загрузку и выгрузку деталей из электропечных агрегатов проводить после их выключения из электросети.
3. Не допускать перегрев закалочных жидкостей.
4. Обязательно использовать спецодежду и спецобувь.
5. При появлении неисправностей в работе агрегатов немедленно их отключать и сообщить об этом мастеру или сменному инженеру.
6. Соблюдать экологические требования при работе с веществами загрязняющими почву и воздух.

						Лис
						9
Изм.	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		

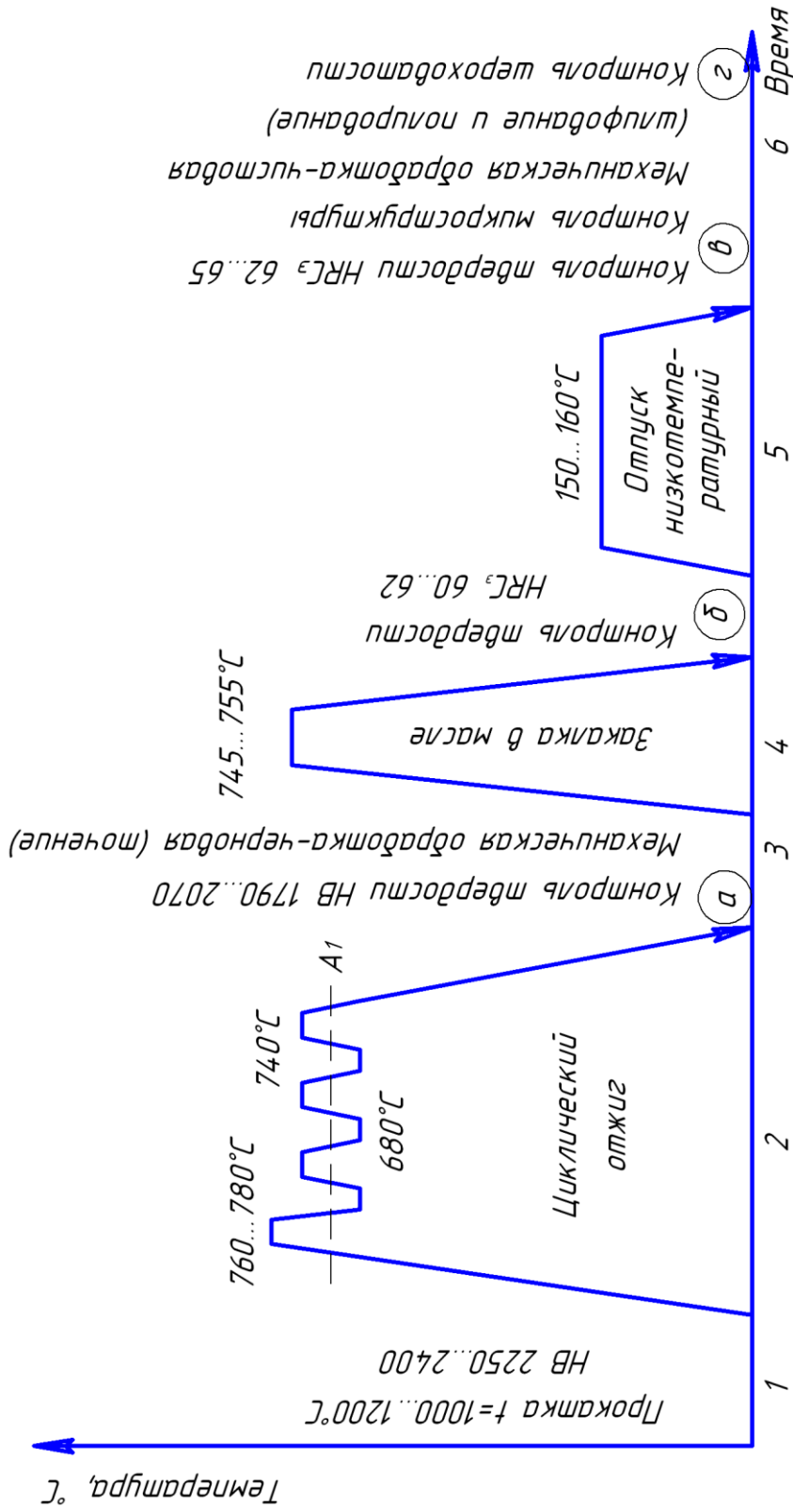


Рисунок 1 График операций изготовления детали - ролик роликоподшипника  
операции обработки: "1 - 6"; операции контроля: "а - г".

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист
					10

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Самостоятельная работа студента. Стандарт организации СТО 0493582-004-2010. Уфа: БГАУ, 2010. - 36 с.
2. Практикум по материаловедению и технологии конструкционных материалов. Уфа: БГАУ, 2013. - 156 с.
3. Стерин И.С. Машиностроительные материалы. Основы металловедения и термической обработки. Изд. Политехника, Санкт-Петербург, 2003. - 344 с.
4. Лахтин Ю.М. Материаловедение. Учеб. Для вузов. – М.: «Альянс», 2009. – 528 с.
5. Марочник сталей и сплавов. Под ред. Зубченко А.С. – М.: Машиностроение, 2003. – 784 с.
6. Оськин В.А., Евсиков В.В. Материаловедение. Технология конструкционных материалов. Кн. 1. – М.: КолосС, 2008. – 447 с.
7. Материаловедение. Технология конструкционных материалов. Кн. 2. [В.Ф. Карпенков и др.]. – М.: КолосС, 2006. – 312 с.

						Лис
						11
Изм.	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		

БГАУ		Операционная карта термической обработки		Лист	
		Ролик подшипника			
		Наименование операции			
		Закалка			
№ цеха	№ участка	№ опер.	Наименование операции		
		5	Закалка		
Материал (марка, ГОСТ)		Масса детали, кг	Габаритные размеры	Твердость до термообработки	
Сталь ШХ15, ГОСТ 801-90		0,05	18 × 36	HВ1790...2070	
Кол. однобр. обраб. дет.		Оборудование (наименование, модель, основные данные)			
400		Конвейерный закалочный агрегат СКЗ-12.100.10/9			
Размер партии, шт.	Разряд работы	Норма выработки, шт	Твердость после термообработки	Глубина слоя закалки, мм	
400	IV	-	HRC 60..62	-	
Приспособление и инструмент (код, наименование)		Среда	Режим обработки	Особые указания	
Поддон цеховой печной		Защитная атмосфера	температура нагрева, °C	время, мин	
		- эндогаз	745...755	35...40	
Закалочный бак		Масло		Контроль твердости 5%	
Поддон цеховой для очистки		веретенное		микроструктура	
		40...50°C		туры 1%	
		Разраб.		Лист	
		Т.контр.		Листов	
Изм. /лист	№ док.	Дата	Подпись	Изм. /лист	№ док.
					1

Technical drawing of a roller part. It is a cylindrical component with a length of 36 and a diameter of 18. A dashed centerline is shown along the length of the cylinder.

## 1.4 ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ

Таблица 1.1 Варианты заданий по термической обработке

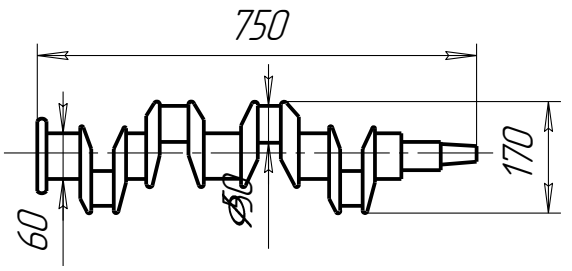
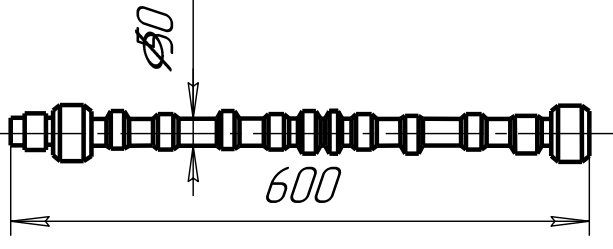
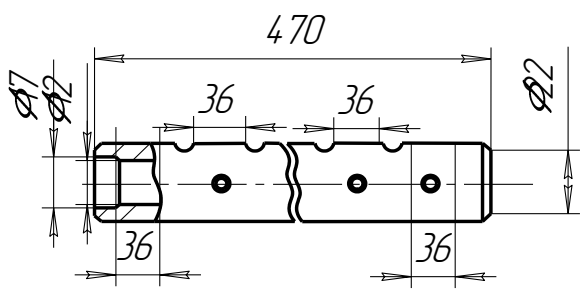
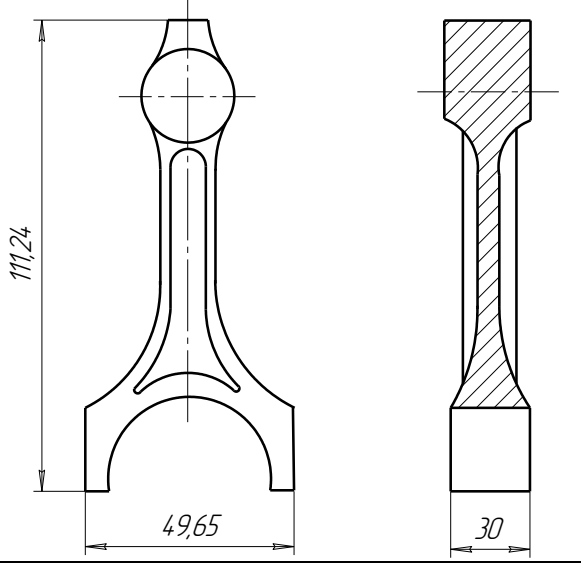
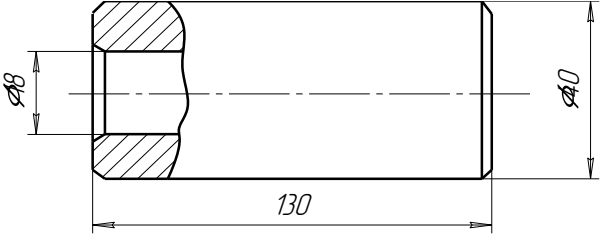
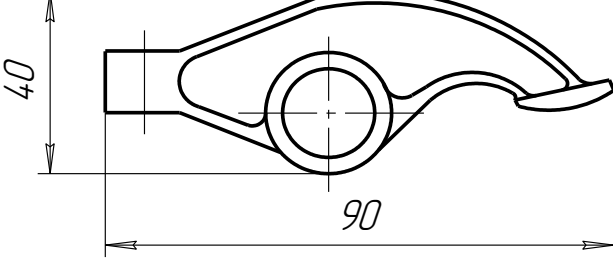
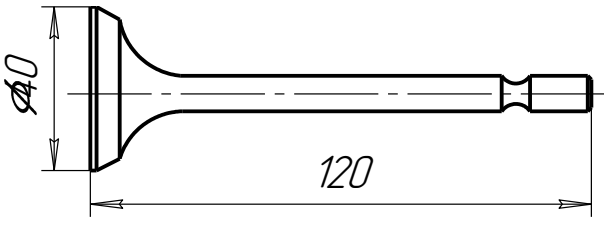
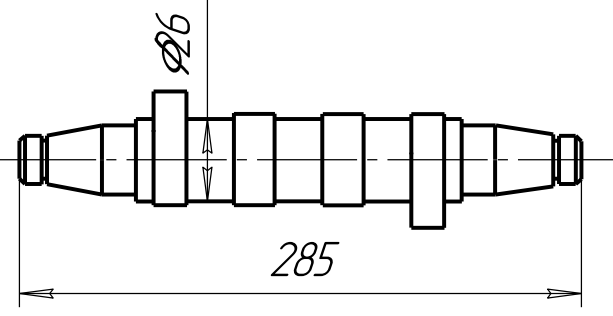
№ п/п	Наименование детали	<i>Номера групп</i>		
		<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
1	Коленчатый вал	50X	40X	45
2	Распределительный вал	38XC	35Г2	50X
3	Ось коромысел клапанов	40X	50	50Г
4	Шатун	40XФА	40Г2	45XHM
5	Поршневой палец дизельного двигателя	20XГСА	18XГТ	20Г
6	Коромысло	45	40Г	40Л
7	Клапан впускной	40XФА	45XН	40Г2
8	Кулачковый вал топливного насоса	40Г2	38XC	40X
9	Ось коленчатая	55	40	40Г2
10	Цапфа рамы	60	55	40XHA
11	Ось качания	40XН	45Г	45X2
12	Рессора спиральная	60C2Г	70C3A	60Г
13	Рессора листовая	50XФА	55XГР	65Г
14	Вал первичный коробки передач	50	60	55
15	Шестерня подвижная	20XН	20XГР	30XPA
16	Поршневой палец карбюраторного двигателя	40Г	40XН	38XГН
17	Крестовина кардана	18XГТ	20X2H4A	25XГC
18	Крестовина дифференциала	38XMA	38XA	30XГC
19	Полуось	30XH3A	35X	38XA
20	Вилка карданного вала	45Г	50Г	35X
21	Кулак тормозной	45Г2	45X	45X
22	Палец гусеницы	40XC	45	50XН
23	Шестерня ведущая	15XГН	27XГР	25Г
24	Червяк рулевого управления	38XH3MA	38XMA	40XН
25	Ролик червяка рулевого управления	35XГСА	35XM	38X2HM
26	Шкворень поворотного кулака	50XН	40XФА	45XН2MФА
27	Шестерня с валом	20XH3A	20XH2M	20XHP
28	Палец рессоры	45X	40XC	40Г
29	Ось поддерживающего ролика	35Г2	40XHMA	50
30	Вал приводной	38XMA	35XM	38XC

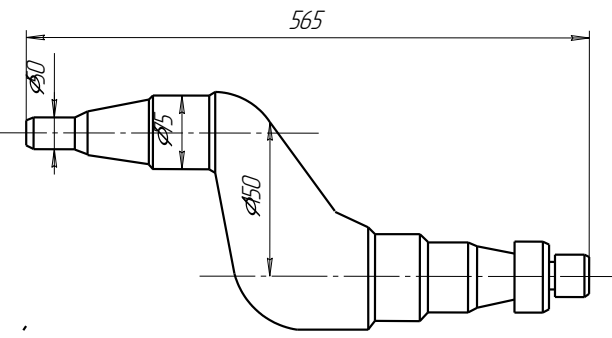
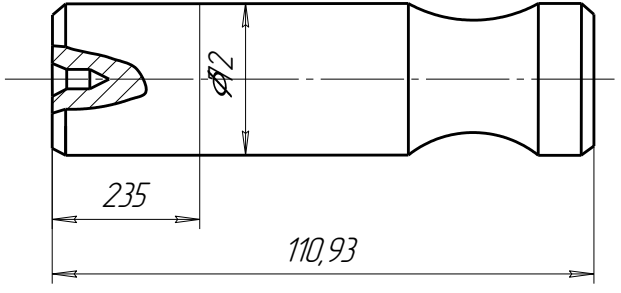
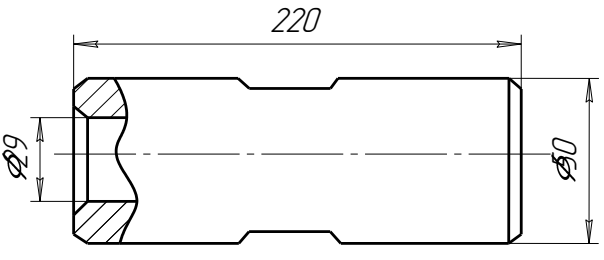
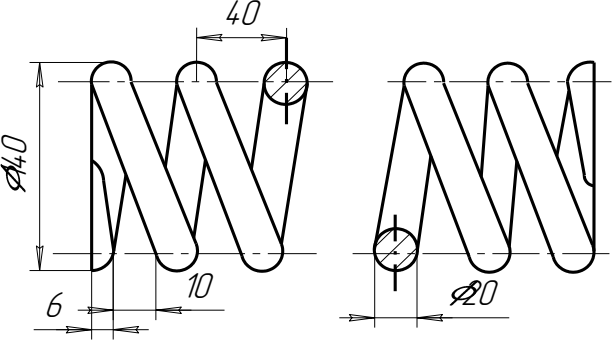
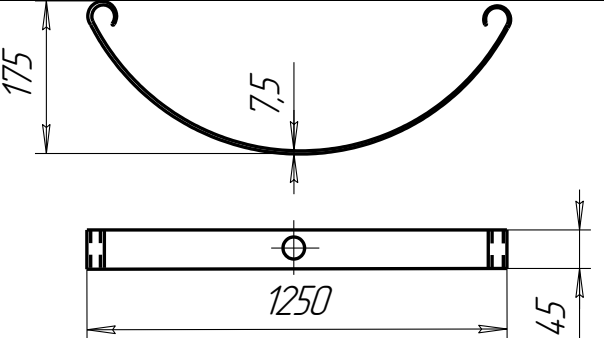
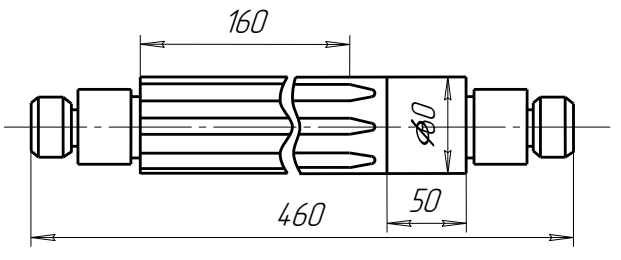
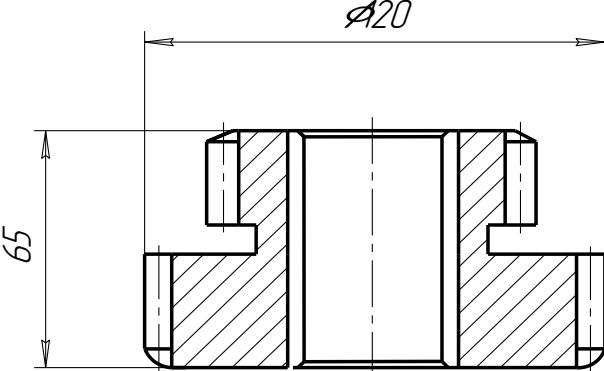
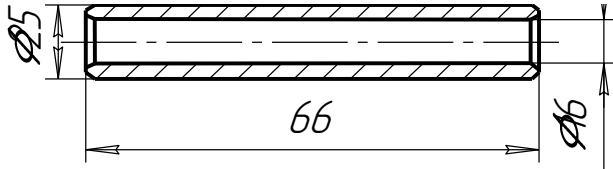
Продолжение таблицы 1.1

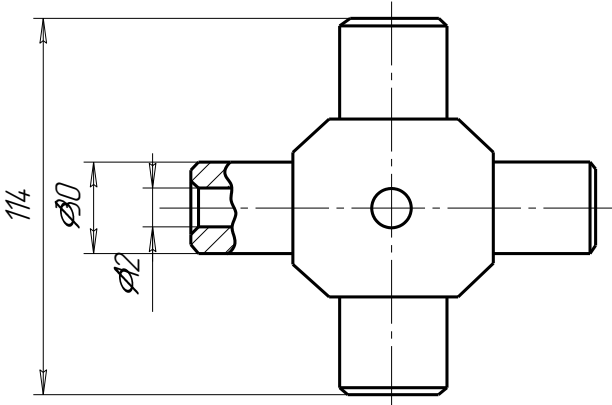
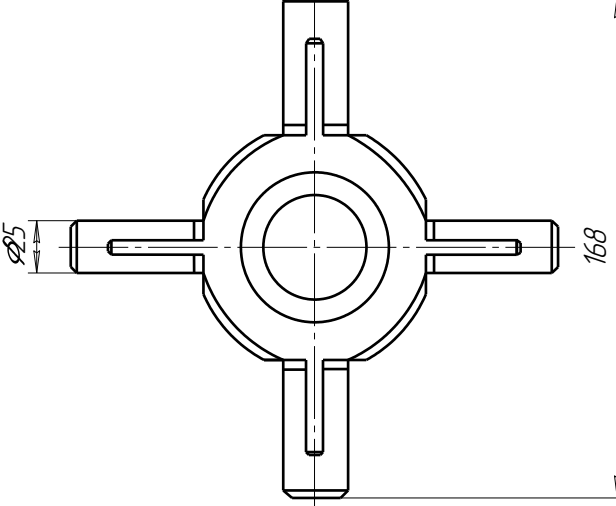
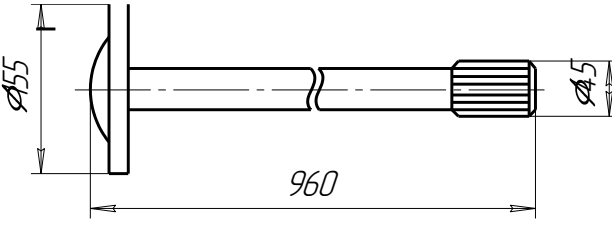
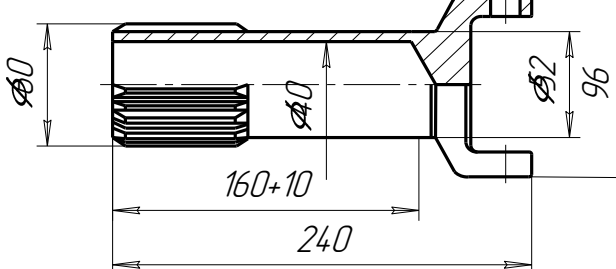
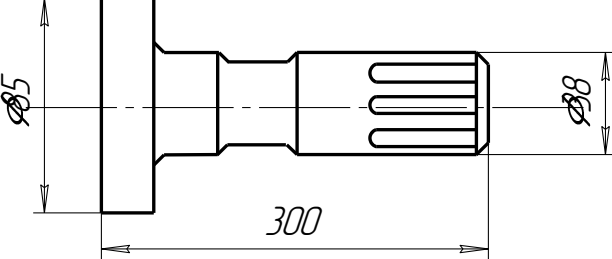
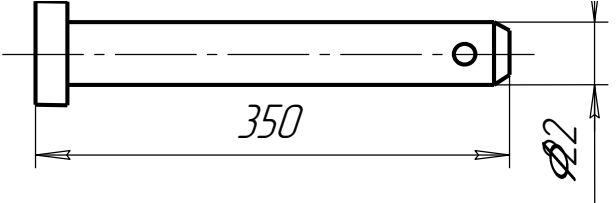
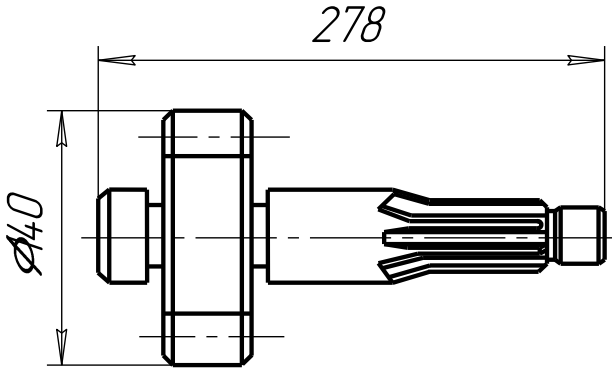
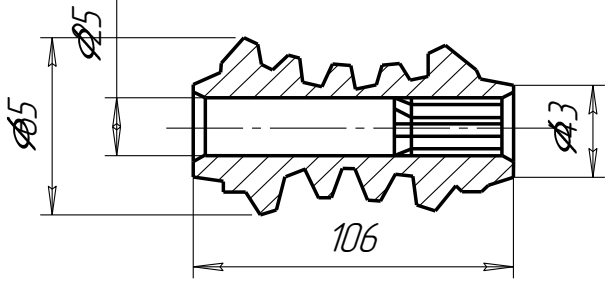
№ п/п	Наименование детали	<i>Номера групп</i>		
		<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
1	Коленчатый вал	40ХН	38ХА	40Г
2	Распределительный вал	38ХА	40Г	50ХН
3	Ось коромысел клапанов	38ХС	40ХН	40ХС
4	Шатун	50ХН	50Г2	45Х2
5	Поршневой палец дизельного двигателя	25ХГТ	40ХГР	20ХМ
6	Коромысло	40Х	45Г	50Х
7	Клапан впускной	38ХГН	38ХА	38ХС
8	Кулачковый вал топливного насоса	40Г	50Х	45
9	Ось коленчатая	45	50	60
10	Цапфа рамы	40	45	50
11	Ось качания	45Г2	40Г2	40ХФА
12	Рессора спиральная	55ХГР	70С2ХА	65С2ВА
13	Рессора листовая	50ХФА	55ХГР	55С2
14	Вал первичный коробки передач	40ХФА	45Х2	55
15	Шестерня подвижная	12ХН3А	12Х2Н4А	18ХГТ
16	Поршневой палец карбюраторного двигателя	50	38ХС	40Х
17	Крестовина кардана	20ХН2М	18Х2Н4МА	20ХГСА
18	Крестовина дифференциала	40ХС	40ХФА	40ХН
19	Полуось	35ХМ	35Г	30ГСА
20	Вилка карданного вала	45Х	40ХС	40Г2
21	Кулак тормозной	40ХНМА	40ХФА	45Г2
22	Палец гусеницы	50Х	50ХН	45ХН
23	Шестерня ведущая	25ХГСА	20ХН2М	20Х2Н4А
24	Червяк рулевого управления	35ХМ	38ХГН	38ХГН
25	Ролик червяка рулевого управления	38ХГН	35Г2	35ХМ
26	Шкворень поворотного кулака	45Х2	45ХНМ	50Г2
27	Шестерня с валом	20ХГНР	20ХМ	12Х2Н4А
28	Палец рессоры	40ХНА	40ХНМФ	45Г
29	Ось поддерживающего ролика	40Г2	40Х	38ХМА
30	Вал приводной	35Г	40Г	35Г2

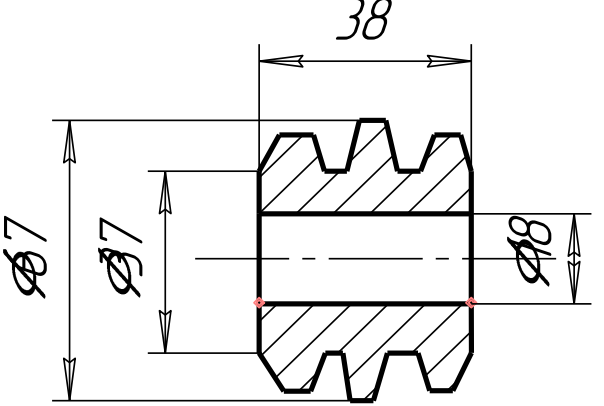
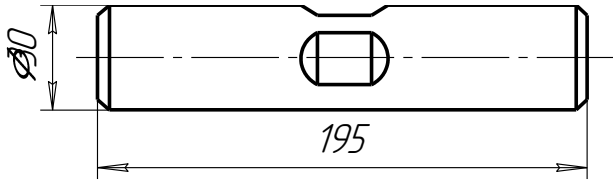
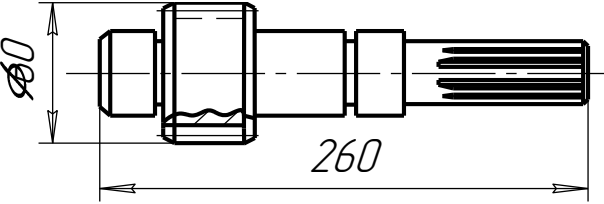
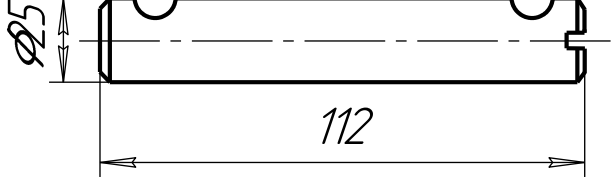
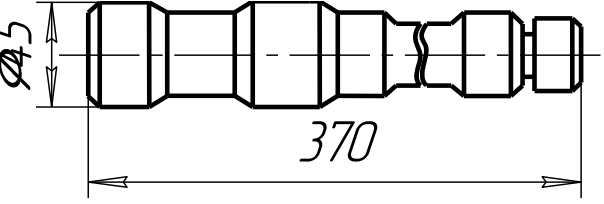
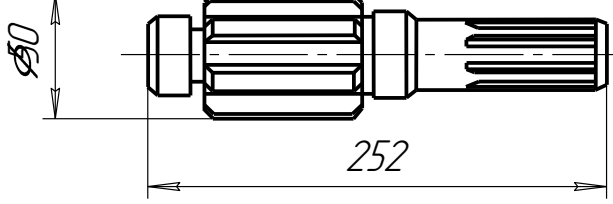


Таблица 1.2 Чертежи деталей к вариантам заданий по термической обработке

<p>Коленчатый вал</p> 	<p>Распределительный вал</p> 
<p>Ось коромысел клапанов</p> 	<p>Шатун</p> 
<p>Поршневой палец дизельного двигателя</p> 	<p>Коромысло</p> 
<p>Клапан впускной</p> 	<p>Кулачковый вал топливного насоса</p> 

<p style="text-align: center;">Ось коленчатая</p> 	<p style="text-align: center;">Цапфа рамы</p> 
<p style="text-align: center;">Ось качания</p> 	<p style="text-align: center;">Рессора спиральная</p> 
<p style="text-align: center;">Рессора листовая</p> 	<p style="text-align: center;">Вал первичный коробки передач</p> 
<p style="text-align: center;">Шестерня подвижная</p> 	<p style="text-align: center;">Поршневой палец карбюраторного двигателя</p> 

Крестовина кардана	Крестовина дифференциала
	
Полуось	Вилка карданного вала
	
Кулак тормозной	Палец гусеницы
	
Шестерня ведущая	Червяк рулевого управления
	

<p>Ролик червяка рулевого управления</p> 	<p>Шкворень поворотного кулака</p> 
<p>Шестерня с валом</p> 	<p>Палец рессоры</p> 
<p>Ось поддерживающего ролика</p> 	<p>Вал приводной</p> 

## РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2

### РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА РУЧНОЙ ЭЛЕКТРОДУГОВОЙ СВАРКИ

#### 2.1 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

##### ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ РАЗРАБОТКИ ТЕХНОЛОГИИ РУЧНОЙ ЭЛЕКТРОДУГОВОЙ СВАРКИ

**1 Форма подготовки (разделка) кромок** свариваемых изделий определяется по ГОСТ 5264-80 в зависимости от толщины свариваемых изделий и типа сварного соединения. При толщине свариваемых изделий не более 6 мм разделку кромок не производят.

**2 Тип электрода** указывает на прочность металла шва (например, тип Э42 соответствует  $\sigma_{\text{в}} = 420$  МПа, Э50 -  $\sigma_{\text{в}} = 500$  МПа и т.д.) и выбирается в зависимости от прочности основного металла свариваемого изделия с целью обеспечения равной прочности основного металла и металла шва (приложение 2.1).

**3 Марка электрода** выбирается по справочным данным, в соответствии с выбранным типом электрода (приложение 2.2 и 2.3), в зависимости от используемого источника тока, положения шва в пространстве и других требований.

Например, сварку в положениях, отличных от нижнего, лучше выполнять электродами с тугоплавким покрытием на постоянном токе обратной полярности. Постоянный ток обратной полярности применяется также при сварке тонкостенных деталей и сталей с низкой теплопроводностью (легированные стали). Источники переменного тока проще по устройству, надежнее в эксплуатации и имеют более высокий коэффициент полезного действия, что также должно учитываться при выборе марки электрода. Характеристика электрода: условное обозначение по ГОСТу, расшифровка.

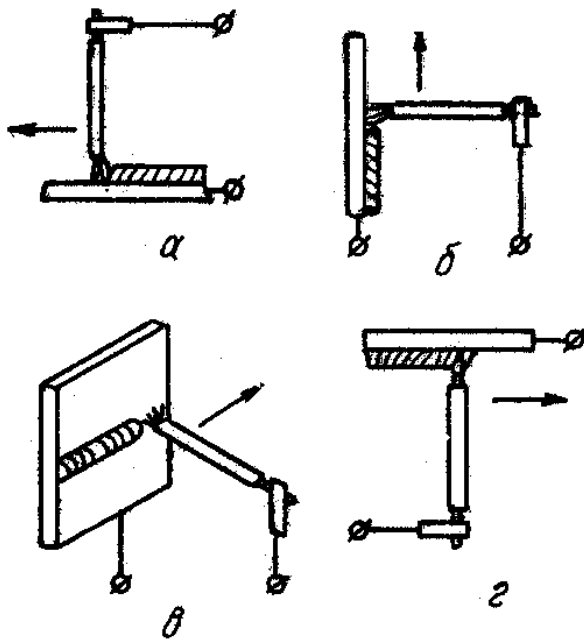
Марки электродов для сварки конструкционных сталей даны в приложении 2.2.

**4 Диаметр электрода (стержня)** в мм, выбирается в зависимости от толщины  $S$  свариваемых изделий по формуле

$$d_s = S/2 + 1$$

При сварке изделий толщиной более 10 мм диаметр электрода берется 6–8 мм вне зависимости от толщины изделий, а сварку производят многослойным швом.

На практике, в целях уменьшения массы расплавленного металла, диаметр стержня электрода принимают не более:



- при сварке нижних швов стыковых и нахлесточных соединений – 6мм;
- нижних швов тавровых и угловых соединений – 5мм;
- потолочных швов – 4мм;
- горизонтальных и вертикальных швов – 5мм (рисунок 2.1).

Рисунок 2.1 Расположение швов в пространстве: *а* – нижнее; *б* – вертикальное; *в* – горизонтальное; *г* – потолочное.

**5 Сварочный ток**, определяющий качество и производительность сварочных работ, зависит от толщины свариваемых изделий, диаметра электрода, теплопроводности свариваемого материала, скорости сварки, типа сварного соединения и положения шва в пространстве.

Величину сварочного тока в А, рассчитывают по формуле

$$J_{св} = K \cdot d_э,$$

где  $K$  – коэффициент плотности тока; А/мм – зависящий от материала стержней электродов (для металлических электродов 40...50, угольных 5...8, графитовых 18...20).

С увеличением теплопроводности свариваемых металлов сварочный ток увеличивается. Так при сварке алюминия  $J_{св}^{Al} = (1,3 \dots 1,5) J_{св}^{Fe}$ .

При сварке легированных сталей, имеющих пониженную теплопроводность по сравнению с углеродистыми, сварочный ток необходимо уменьшать (сварка ведется на так называемом мягком режиме)  $J_{св}^{лег} = (0,8 \dots 0,9) J_{св}^{угл}$ .

При сварке на переменном токе из-за пониженной ионизации дугового промежутка требуется повышенный сварочный ток  $J_{св}^{пер} = (1,1 \dots 1,2) J_{св}^{пост}$ .

Окончательно величину сварочного тока устанавливают с учетом соотношения толщины металла  $S$  и диаметра электрода  $d_э$ . При  $S > 3d_э$  сварочный ток увеличивают на 10 ... 15%, а при  $S < 1,5d_э$  уменьшают на 10...15%. При сварке горизонтальных, вертикальных и потолочных швов, величину сварочного тока уменьшают по сравнению с сварочным током при сварке нижних швов на 10...15%.

**6 Длина дуги** в мм, зависит от диаметра электрода и определяется по формуле

$$l_d = 0,5 (d_э + 2)$$

При увеличении длины дуги больше номинальной, время соприкосновения расплавленной капли жидкого металла с атмосферой воздуха увеличивается и тем самым увеличивается возможность насыщения жидкого

металла азотом, водородом, что снижает механические свойства сварного соединения. Уменьшения длины дуги в сравнении с номинальной, приводит к неустойчивому горению электрической дуги.

### 7 Напряжение дуги $U_d$

Напряжение дуги при ручной дуговой сварке изменяется в сравнительно узких пределах и при проектировании технологических процессов выбирается на основании рекомендаций паспорта на данную марку электродов. Приблизительно напряжение дуги в В, можно рассчитывать по формуле:

$$U_d = U_{ак} + U_d \cdot I_d ,$$

$U_{ак} = 10 \dots 12$  В – постоянный коэффициент, выражающий сумму падений напряжения на катоде и аноде дуги, не зависящий от длины дуги;

$U_d = 2,5$  – среднее падение напряжения на единицу длины дуги, В/мм;

$I_d$  – длина дуги, мм.

Ориентировочно напряжение дуги, можно определить по графику, приведенному на рисунке 2.2.

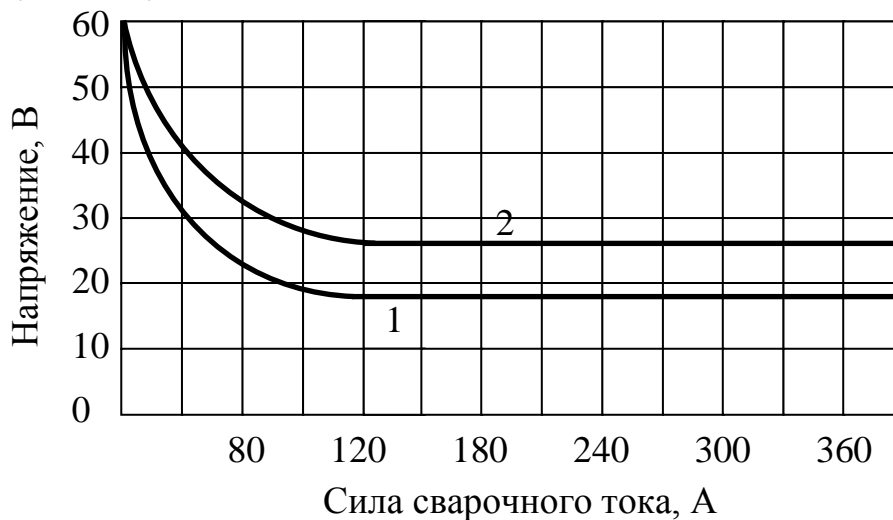


Рисунок 2.2. Статические вольтамперные характеристики сварочной дуги.

1 – длина дуги 2 мм; 2 – длина дуги 5 мм.

### 8 Масса наплавленного металла в граммах, определяется по формуле

$$Q_n = F_{ш} \cdot L_{ш} \cdot \rho ,$$

где  $F_{ш}$  – площадь поперечного сечения шва, мм<sup>2</sup>;  $L_{ш}$  – длина шва, мм;

$\rho$  – плотность наплавленного металла, г/мм<sup>3</sup> (для стали  $\rho = 7,8 \cdot 10^{-3}$  г/мм<sup>3</sup>)

Расчет площади поперечного сечения шва объясним на примере сварного соединения С15, эскизы которого приведены на рисунке 2.3.

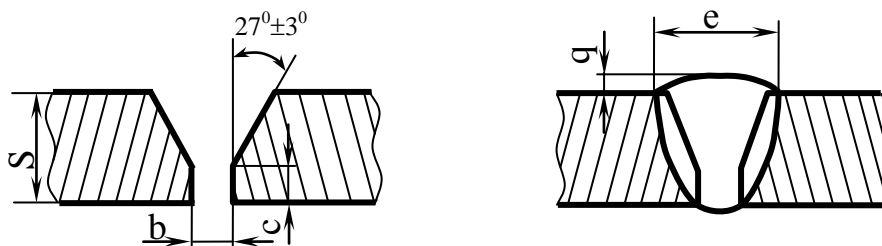


Рисунок 2.3 Сварное соединение до и после сварки

За расчетное сечение принимают ту часть сварного шва, которая заполняется за счет электродного металла (рисунок 2.4).

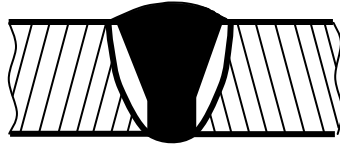


Рисунок 2.4 Расчетное сечение шва

Расчетное сечение разбиваем на элементарные фигуры (рисунок 2.5).

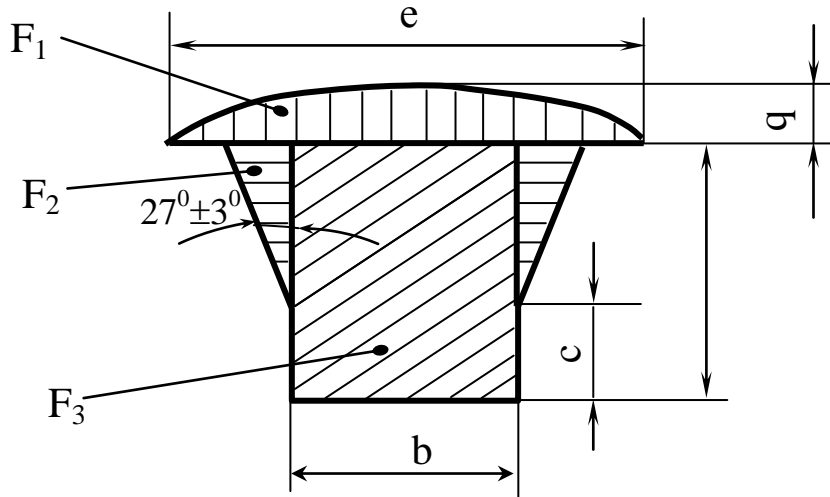


Рисунок 2.5 К расчету площади сечения шва

Площадь сечения  $F$  (в  $\text{мм}^2$ ) находим как сумму площади элементов шва

$$F_{\text{ш}} = F_1 + 2F_2 + F_3$$

На рисунке 2.6 показаны фигуры, используемые для вычисления площадей сечения швов.

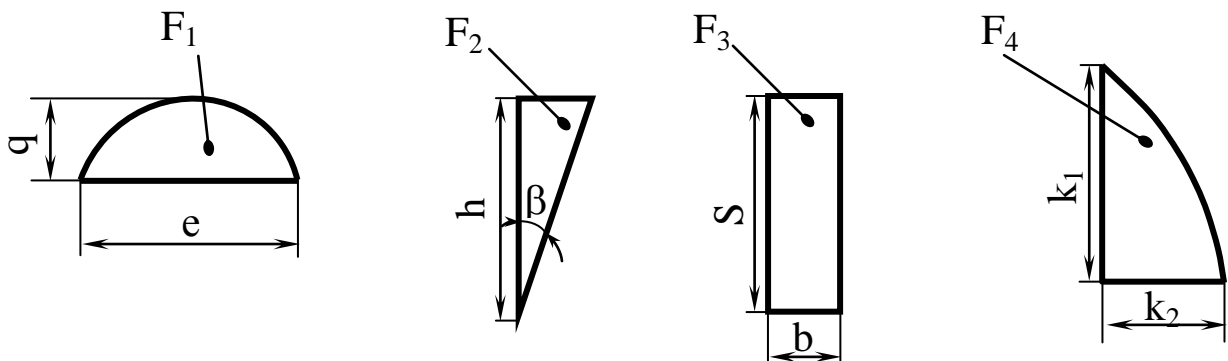


Рисунок 2.6 Элементы сечений сварных швов

Площади этих фигур вычисляются по формулам:

- сегмента  $F_1 = \frac{2}{3} e \cdot q$
- треугольника  $F_2 = h^2 \cdot \text{tg}\beta/2$
- прямоугольника  $F_3 = b \cdot S$
- выпуклого треугольника  $F_4 = (k_1 \cdot k_2/2) \cdot k_y$

где  $k_y$  – коэффициент усиления шва (учитывает его выпуклость).

Рекомендуемые значения  $k_y$  приведены в таблице 2.1.



Таблица 2.1 Коэффициенты усиления шва

$(k_1 + k_2)/2$	3 – 4	5 – 6	7 – 10	12 – 20
$k_y$	1,5	1,35	1,25	1,15

**9 Скорость сварки** в м/ч определяется по формуле:

$$V_{св} = J_{св} \cdot K_n / F_{ш} \cdot \rho ,$$

где  $K_n$  – коэффициент наплавки выбранного электрода, г/(А·ч);

$F_{ш} \cdot \rho = Q$  – масса наплавленного металла на 1 м длины, г/м.

Максимальная скорость сварки обычно составляет 15 м/ч.

**10 Основное (технологическое) время** в часах измеряется временем горения сварочной дуги и вычисляется по формуле:

$$t_o = Q_n / J_{св} \cdot K_n$$

### 11 Штучное время сварки

При нормировании сварочных работ различают время чистого горения дуги  $t_o$  (основное время) и время, необходимое на сварку с учетом потерь времени на подготовку изделия к сварке, замену в электрододержателе сгоревших электродов на новые и время на естественные надобности,  $T_{шт}$  (штучное время). Эти величины связаны формулой

$$T_{шт} = t_o / K ,$$

где  $K$ -коэффициент использования сварочного поста (в зависимости от типа производства и вида сварочных работ:  $K=0,6...0,8$  – в условиях промышленных предприятий,  $K=0,4...0,6$  для ремонтных и монтажных условий).

**12 Расход электродов** в граммах, определяется по формуле:

$$Q_s = Q_n + Q_o + Q_y + Q_{ш} ,$$

где,  $Q_o$  – потери на огарки (10...15% от  $Q_n$ ), г;

$Q_y$  – потери на угар и разбрызгивание (5...10% от  $Q_n$ ), г;

$Q_{ш}$  – потери на шлакообразование (20...35% от  $Q_n + Q_o + Q_y$ ), г.

Расход электродов можно также определить по упрощенной формуле:

$$Q_s = (1,3 \dots 1,4) Q_n$$

**13 Расход электроэнергии** в кВт·ч, определяется по формуле:

$$P = U_d \cdot J_{св} \cdot t_o / \eta \cdot 1000 + M_x (T - t_o) ,$$

где  $U_d$  – напряжение дуги, В;

$\eta$  - КПД источника питания ( для трансформатора при  $J_{св}=100...450$  А равен 0,8 ... 0,85, для генератора 0,3 ... 0,4);

$M_x$  – мощность холостого хода источника питания (для трансформатора 0,2 ... 0,4 кВт·А, для генератора 2...3 кВт·А);

$T$  – общее (рабочее и холостое) время работы источника питания, ч.

**14 Вид тока** (постоянный или переменный) зависит от источника сварочного тока (трансформатор, преобразователь, выпрямитель или сварочный агрегат). Источник сварочного тока выбирают в зависимости от принятой марки электрода. Если имеется только один источник сварочного тока, то его особенности следует учитывать при выборе марки электрода.

Выбор полярности (при использовании источника постоянного сварочного тока) зависит от толщины свариваемых изделий и принятой марки

электрода. Обычно применяют прямую полярность («минус» на электроде, «плюс» на изделии). При сварке изделий малой толщины для уменьшения их нагрева с целью предотвращения «прожога» и при сварке легированных сталей выбирают обратную полярность («плюс» на электроде, «минус» на изделии).

**15 Источник сварочного тока** выбирается в соответствии с принятым видом тока (постоянный или переменный), найденной величиной сварочного тока и условиями сварки (сварка в помещении или на открытом воздухе). При выборе источника сварочного тока необходимо использовать справочные пособия и приложение 2.1 и 2.2.

Источниками сварочного тока при сварке на переменном токе являются *сварочные трансформаторы*; при сварке на постоянном токе – *сварочные генераторы, преобразователи, сварочные выпрямители; сварочные агрегаты*.

Источник сварочного тока для ручной электродуговой сварки должен иметь крутопадающую внешнюю (вольтамперную) характеристику для того, чтобы:

- 1) сохранять постоянное значение  $J_{св}$  при колебании длины дуги;
- 2) ограничить величину тока короткого замыкания  $J_{кз}$  ( $J_{кз} < 2J_{св}$ ).

#### ПРИЛОЖЕНИЕ 2.1 Типы электродов для сварки конструкционных сталей и свойства металла шва при их применении

**Электроды для сварки конструкционных и низколегированных сталей:** для сталей обычной прочности предназначены электроды Э34, Э42, Э42А, Э46, Э46А, Э50, Э50А, Э55, Э60, Э60А; для конструкционных сталей повышенной прочности — электроды Э70, Э85, Э100, Э125, Э145.

Тип электрода	Металл шва или наплавленный металл			Содержание в металле шва, %		Основное назначение
	$\sigma_b$ , МПа	$\delta$ , %	$a_{н\delta}$ , Дж/м <sup>2</sup>	S	P	
		не менее		не более		
Э34	340	-	-	0,05	0,05	Для сварки малоуглеродистых и низколегированных сталей
Э42	420	18	8	0,05	0,05	
Э42А	420	22	14	0,04	0,04	
Э46	460	18	8	0,05	0,05	
Э46А	460	22	14	0,04	0,04	
Э50	500	16	6	0,05	0,05	Для сварки среднеуглеродистых и низколегированных сталей
Э50А	500	20	13	0,04	0,04	
Э55	550	20	12	0,04	0,04	
Э60	600	16	6	0,04	0,04	Для сварки легированных сталей повышенной прочности
Э60А	600	18	10	0,04	0,04	
Э70	700	12	6	0,04	0,04	
Э85	850	12	5	0,04	0,04	
Э100	1000	10	5	0,04	0,04	
Э125	1250	6	4	0,04	0,04	
Э145	1450	5	4	0,04	0,04	

**ПРИЛОЖЕНИЕ 2.2 Электроды для сварки конструкционных сталей**

Тип	Марка	Род и полярность тока	Положение сварка	Коэфф. наплавки, г/А·ч	
Э42-Р	ЦМ-7	Переменный и постоянный, любая полярность	Все положения	10,6	
Э42-Т Э42-О	ОМА-2		Нижнее	15 10	
Э42-О	ВСЦ-2	Постоянный, любая полярность	Все положения	10	
Э42А-Ф	УОНИ-13/45	Постоянный на электроде +		8,5	
Э46-Т	МР-3 ОЗС-6	Переменный и постоянный, любая полярность		7,8 10,5	
Э46-Т	ОЗС-3	Переменный и постоянный на электроде +		15	
Э46-Т	АНО-4	Переменный и постоянный, любая полярность		8,5	
Э46А-Ф	Э-138/4БН	Постоянный на электроде +		8,5	
Э50-О	ОЗС-33	Постоянный, любая полярность		9,5... 13	
Э50А-Ф	УОНИ-13/55	Постоянный на электроде +		9	
Э55-Ф	УОНИ-13/55У*	Постоянный на электроде +		Нижнее, вертикальное	9,5
Э60А-Ф Э70-Ф	УОНИ-13/65			Все поло-я	9
Э85-Ф**	УОНИ-13/85	Постоянный на электроде +	Все положения	9,5	
Э85-Ф**	УОНИ-13/85У*	То же, и переменный		10	
Э100-Ф**	ЦЛ-19-63	Постоянный на электроде +		9	
Э145-Ф**	НИАТ-3			10	

\* Предназначены для ванной сварки стержней арматуры железобетонных конструкций и рельсов. Могут быть использованы для обычной дуговой сварки.

\*\* - подвергаются термической обработке

**В типе электрода приняты следующие обозначения:**

А — гарантируется получение повышенных пластических свойств металла шва.

Типы покрытий обозначают следующими буквами:

Р — руднокислое покрытие содержит в своем составе окислы железа и марганца, способные активно окислять металл. Металл шва отличается повышенной окисленностью. Электроды дают плотный металл швов и

позволяют выполнять сварку на постоянном (прямой и обратной полярности) и переменном токе.

**Т** — рутиловое покрытие содержит в своем составе значительное количество двуокиси титана в виде рутила. Электроды дают плотный металл швов при увеличении массы покрытия и при наличии ржавчины на кромках изделия. При сварке на постоянном и переменном токе разбрызгивание незначительно. Устойчивость горения дуги высокая, формирование швов во всех пространственных положениях хорошее.

**Ф** — фтористокальциевое покрытие, имеющее в качестве основы фтористый кальций (плавиковый шпат) и карбонаты кальция (мрамор, мел). Сварку электродами с фтористокальциевым покрытием осуществляют на постоянном токе при обратной полярности. Вследствие малой склонности металла шва к образованию кристаллизационных и холодных трещин электроды с этим покрытием используют для сварки больших сечений.

**О** — органическое покрытие.

По международной классификации электроды подразделяют по следующим признакам: механическим свойствам металла шва, типу покрытия, положению шва в пространстве, роду тока и полярности. Тип покрытия по международной классификации условно обозначают следующими буквами: А — руднокислое (кислое), В — основное (фтористо-кальциевое), С — органическое (целлюлозное), О — окислительное, Р — рутиловое, V-специальное.

### ПРИЛОЖЕНИЕ 2.3 «Единая система обозначения электросварочного оборудования»

**Первая буква** - сокращенное название изделия (А — агрегат; В — выпрямитель; Г — генератор; П — преобразователь; Т — трансформатор).

**Вторая буква** — вид сварки (Д — дуговая; П — плазменная).

**Третья буква** — способ сварки (О — открытой дугой; Г — в защитных газах; Ф — под флюсом; У — универсальный).

**Четвертая буква** — характеристика источника (М — многопостовой; И — импульсивный).

**Пятая буква** показывает тип двигателя для агрегатов с приводным двигателем внутреннего сгорания (Б — бензиновый; Д — дизель).

**Первые две цифры**, следующие за буквенными индексами, показывают значение номинального сварочного тока в сотнях ампер.

**Третья и четвертая цифры** — номер модификации источника питания. Следующие после цифр буквенно-цифровые индексы показывают:

**Первая буква** — климатическое исполнение (ХЛ — для эксплуатации в районах с тропическим климатом);

**Вторая цифра** — категорию размещения источников питания (1 — открытый воздух; 2 — не отапливаемые помещения; 3 — помещения с естественной вентиляцией; 4 — помещение с принудительной вентиляцией и отоплением; 5 — помещение с повышенной влажностью).

ПРИЛОЖЕНИЕ 2.4 Условное обозначение электродов для ручной электродуговой сварки (по ГОСТ 9466-75 и 9467-75)



Переменный ток, Напряжение холостого хода, В	Рекомендуемая полярность постоянного тока,		
	любая	прямая	обратная
Переменный ток неприменим	-	-	0
50±5	1	2	3
70±10	4	5	6
90±10	7	8	9

## ПРИЛОЖЕНИЕ 2.5 Источники тока для электродуговой сварки

Преобразователи и генераторы							
Марки	Сила тока, А		Напряжение, В		Номинальная мощность, кВ-А	Габаритные размеры, мм	Масса, кг
	номинальная ПН-60%	предел регулирования	номинальное рабочее	холостого хода			
ГД-304УЗ	315	15.. .350	32,6	75.. .80	—	676×622×698	260
ПСО-300-5У2	315	100.. .315	32	90	9,6	740×475×860	275
Выпрямители							
ВД-502-2УЗ	500	50.. .500	40	80	42	810×550×1077	348
Трансформаторы							
ТД-500-4У2	500	100.. .560	40	60/76*	32	570×520×835	210
ТДМ-317У2	315	60.. .360	32,6	80/62*	—	585×555×818	130
ТД-504	500	165.. .650	40	60	—	—	195
Инверторы							
ВД302 И У2	230	30...230	28	85	4,0	420x290x150	8
САИ 140	140	10...140	25	75	3,5	400x250x150	4,3

\* В диапазонах малых и больших токов соответственно

## 2.2 СОДЕРЖАНИЕ ЗАДАНИЯ

**1 Форма подготовки (разделка) кромок.** Привести схему сварного соединения до и после сварки. Обосновать подготовку кромок.

**2 Тип электрода.** Определить тип электрода.

**3 Марка электрода.** Определить марку электрода.

**4 Диаметр электрода.** Рассчитать диаметр электрода в мм.

**5 Сварочный ток.** Рассчитать величину силы тока.

**6 Длина дуги.** Рассчитать длину дуги.

**7 Напряжение дуги.** Рассчитать напряжение дуги.

**8 Масса наплавленного металла.** Рассчитать массу наплавленного металла в граммах. Рассчитать площадь поперечного сечения. Привести схемы: расчетного сварного соединения, разбивки расчетного сечения на элементарные фигуры.

**9 Скорость сварки.** Определить скорость сварки.

**10 Основное (технологическое) время.** Определит основное (технологическое) время в часах

**11 Штучное время сварки.** Определить штучное время сварки.

**12 Расход электродов.** Рассчитать расход электродов в граммах.

**13 Расход электроэнергии.** Определить расход электроэнергии в кВт·ч

**14 Вид тока.** В зависимости от принятой марки электрода выбрать вид тока (постоянный или переменный). Выбрать полярность.

**15 Источник сварочного тока.** Выбрать источник сварочного тока и привести его характеристику.

В конце работы в виде таблицы привести рассчитанные и подобранные режимы технологического процесса ручной электродуговой сварки.

**Библиографический список.** Привести список использованной литературы.

**2.3 ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЯ**

ФГБОУ ВПО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»

Факультет: «Механический»

Кафедра: «Технология металлов и ремонт машин»

Направление: «Агроинженерия»

Форма обучения: очная

Курс, группа: 1,1

Вариант

**ИВАНОВ ИВАН ИВАНОВИЧ**

**РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА**

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА  
РУЧНОЙ ЭЛЕКТРОДУГОВОЙ СВАРКИ

«К защите допускаю»

Руководитель:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

(подпись)

« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Оценка при защите:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

(подпись)

« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Уфа 20\_\_



**ФГБОУ ВПО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»**

Факультет: «Механический»  
Кафедра: «Технология металлов и ремонт машин»  
Направление: «Агроинженерия»  
Форма обучения: очная  
Курс, группа: 2, 1

**ЗАДАНИЕ**  
**на расчетно-графическую работу**

Вариант \_\_

**Иванов Иван Иванович**

*(Фамилия, имя, отчество студента)*

**1 Тема работы:** *Разработка технологического процесса ручной электродуговой сварки.*

**2 Исходные данные**

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	Н1
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	3
3.	Материал свариваемых изделий, мм	20Г
4.	Длина шва, м	3,5
5.	Положение шва в пространстве	вертикальное

**3 Дата выдачи задания:**

**4 Срок сдачи студентом законченной работы:**

*Руководитель:* \_\_\_\_\_ / профессор Левин Э.Л.

*Задание принял к исполнению:* \_\_\_\_\_ / Иванов И.И.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

1 ФОРМА ПОДГОТОВКИ (РАЗДЕЛКА) КРОМОК .....	4
2 ТИП ЭЛЕКТРОДА .....	4
3 МАРКА ЭЛЕКТРОДА .....	4
4 ДИАМЕТР ЭЛЕКТРОДА .....	5
5 СВАРОЧНЫЙ ТОК .....	5
6 ДЛИНА ДУГИ .....	5
7 НАПРЯЖЕНИЕ ДУГИ .....	5
8 МАССА НАПЛАВЛЕННОГО МЕТАЛЛА .....	6
9 СКОРОСТЬ СВАРКИ .....	7
10 ОСНОВНОЕ (ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ) ВРЕМЯ .....	7
11 ШТУЧНОЕ ВРЕМЯ СВАРКИ .....	8
12 РАСХОД ЭЛЕКТРОДОВ .....	8
13 РАСХОД ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ .....	8
14 ВИД ТОКА .....	9
15 ИСТОЧНИК СВАРОЧНОГО ТОКА .....	9
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....	10

						Лис
						3
Изм.	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		

## 1 ФОРМА ПОДГОТОВКИ (РАЗДЕЛКА) КРОМОК

Форма подготовки (разделка) кромок свариваемых изделий определяется по ГОСТ 5264-80 в зависимости от толщины свариваемых изделий и типа сварного соединения. При толщине свариваемых изделий не более 3 мм разделку кромок не производим.

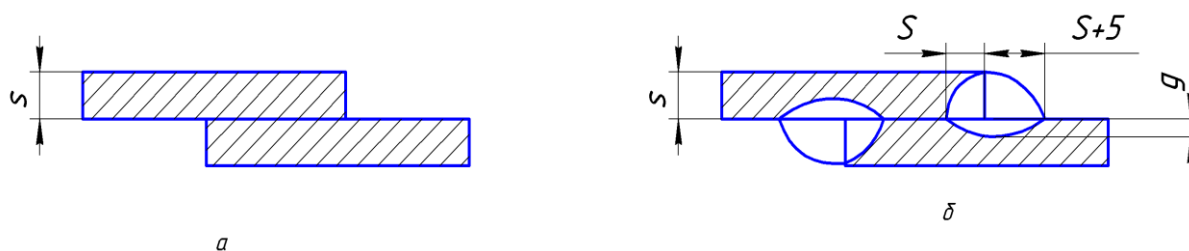


Рисунок 1.1 Сварное соединение до (а) и после сварки (б)

## 2 ТИП ЭЛЕКТРОДА

Тип электрода выбирается в зависимости от прочности основного металла свариваемого изделия с целью обеспечения равной прочности основного металла и металла шва.

Выбираем тип электрода Э46А ( $\sigma_B = 460$  МПа. А – повышенные пластические свойства металла шва).

## 3 МАРКА ЭЛЕКТРОДА

3.3 Марка электрода выбирается по справочным данным /2/, в соответствии с выбранным типом электрода, в зависимости от используемого источника тока, положения шва в пространстве и других требований.

						Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		4

Выбираем марку МР-3 (ток переменный и постоянный, любая полярность, все положения шва, коэффициент наплавки 7,8 г/А ч).

#### 4 ДИАМЕТР ЭЛЕКТРОДА

Диаметр электрода (стержня) в мм, выбирается в зависимости от толщины  $S$  свариваемых изделий по формуле

$$d_э = S/2 + 1$$

$$d_э = 3/2 + 1 = 2,5 \text{ мм}$$

Принимаем диаметр электрода 3 мм.

#### 5 СВАРОЧНЫЙ ТОК

Величину сварочного тока в А, рассчитывают по формуле

$$J_{св} = K \cdot d_э ,$$

где  $K$  – коэффициент плотности тока; А/мм – зависящий от материала стержней электродов (для металлических электродов 40...50, угольных 5...8, графитовых 18...20).

$$J_{св} = 45 \times 3 = 135 \text{ А.}$$

#### 6 ДЛИНА ДУГИ

Длина дуги в мм, зависит от диаметра электрода и определяется по формуле

$$l_д = 0,5 (d_э + 2)$$

$$l_д = 0,5 (3 + 2) = 2,5 \text{ мм}$$

#### 7 НАПРЯЖЕНИЕ ДУГИ

Напряжение дуги в В, можно рассчитывать по формуле:

$$U_д = U_{ак} + U_д \cdot l_д ,$$

						Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		5

$U_{ак} = 10...12$  В – постоянный коэффициент, выражающий сумму падений напряжения на катоде и аноде дуги, не зависящий от длины дуги;

$U_{д} = 2,5$  – среднее падение напряжения на единицу длины дуги, В/мм;

$l_{д}$  – длина дуги, мм.

$$U_{д} = 11 + 2,5 \times 2,5 = 17,25 \text{ В}$$

## 8 МАССА НАПЛАВЛЕННОГО МЕТАЛЛА

Масса наплавленного металла в граммах, определяется по формуле /2/

$$Q_{н} = F_{ш} \cdot L_{ш} \cdot \rho ,$$

где  $F_{ш}$  – площадь поперечного сечения шва,  $\text{мм}^2$ ;  $L_{ш}$  – длина шва, мм;

$\rho$  – плотность наплавленного металла,  $\text{г/мм}^3$  (для стали  $\rho = 7,8 \cdot 10^{-3}$   $\text{г/мм}^3$ )

Расчет размеров шва /2, 4/

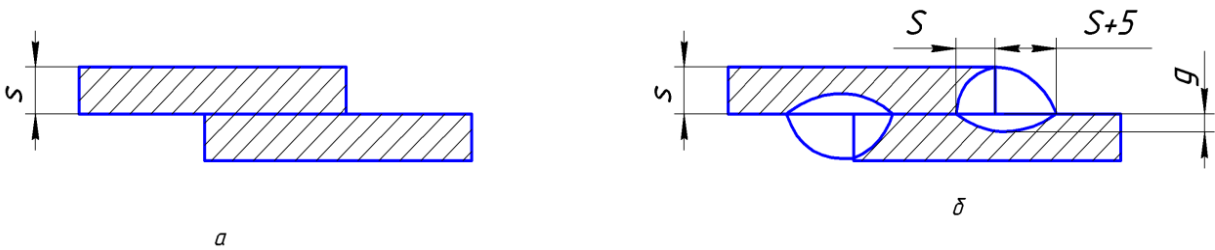


Рисунок 2.2 Сварное соединение до (а) и после сварки (б)

За расчетное сечение принимают ту часть сварного шва, которая заполняется за счет электродного металла (рисунок 2.3).

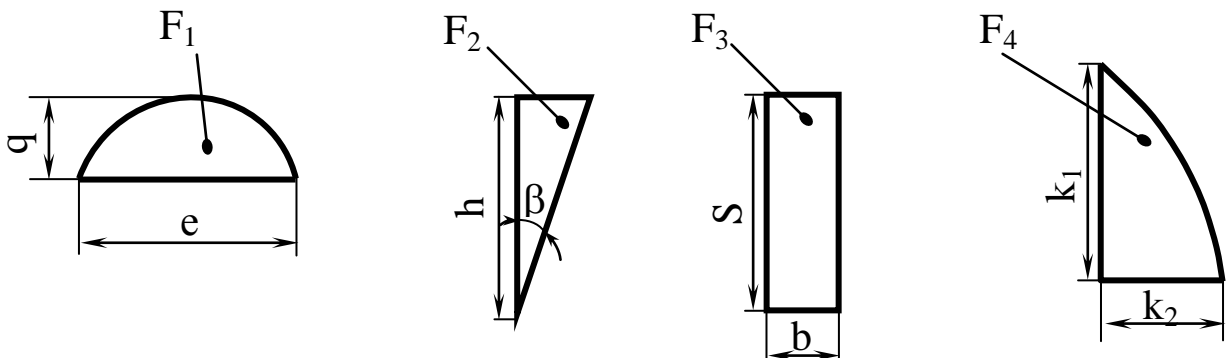


Рисунок 2.3 Элементы сечений сварных швов

						Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		6

В нашем случае это выпуклый треугольник площадь  $F_4$

Площади этой фигуры вычислим по формуле:

- выпуклого треугольника  $F_4 = (k_1 \cdot k_2/2) \cdot k_y$

где  $k_y$  – коэффициент усиления шва (учитывает его выпуклость).

Рекомендуемые значения  $k_y$  приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 Коэффициенты усиления шва

$(k_1 + k_2)/2$	3 – 4	5 – 6	7 – 10	12 – 20
$k_y$	1,5	1,35	1,25	1,15

$$F_4 = (3 \times 8/2) \times 1,35 = 16,2 \text{ мм}^2$$

$$Q_H = 16,2 \times 2 \times 3500 \times 0,0078 = 884,52 \text{ г} = 0,9 \text{ кг.}$$

## 9 СКОРОСТЬ СВАРКИ

Скорость сварки в м/ч определяется по формуле:

$$V_{\text{св}} = J_{\text{св}} \cdot K_H / F_{\text{ш}} \cdot \rho ,$$

где  $K_H$  – коэффициент наплавки выбранного электрода, г/(А·ч);

$F_{\text{ш}} \cdot \rho = Q$  – масса наплавленного металла на 1 м длины, г/м.

$$V_{\text{св}} = 135 \times 7,8 / 16,2 \times 0,0078 = 8333 \text{ мм/ч} = 8,3 \text{ м/ч}$$

## 10 ОСНОВНОЕ (ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ) ВРЕМЯ

Основное (технологическое) время в часах измеряется временем горения сварочной дуги и вычисляется по формуле:

$$t_o = Q_H / J_{\text{св}} \cdot K_H$$

$$t_o = 884,52 / 135 \times 7,8 = 0,84 \text{ ч.}$$

						Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		7

## 11 ШТУЧНОЕ ВРЕМЯ СВАРКИ

Штучное время определяется по формуле:

$$T = t_0 / K ,$$

где  $K$  – коэффициент использования сварочного поста (в зависимости от типа производства и вида сварочных работ:  $K = 0,6 \dots 0,8$  – в условиях промышленных предприятий,  $K = 0,4 \dots 0,6$  для ремонтных и монтажных условий).

$$T = 0,84 / 0,5 = 1,68 \text{ ч}$$

## 12 РАСХОД ЭЛЕКТРОДОВ

Расход электродов в граммах можно определить по упрощенной формуле:

$$Q_э = (1,3 \dots 1,4) Q_н$$

$$Q_э = (1,3 \dots 1,4) 884,52 = 1194 \text{ г.}$$

## 13 РАСХОД ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Расход электроэнергии в кВт·ч, определяется по формуле:

$$P = U_d \cdot J_{св} \cdot t_0 / \eta \cdot 1000 + M_x (T - t_0) ,$$

где  $U_d$  – напряжение дуги, В;

$\eta$  – КПД источника питания ( для трансформатора при  $J_{св}=100 \dots 450 \text{ А}$  равен  $0,8 \dots 0,85$ , для генератора  $0,3 \dots 0,4$ );

$M_x$  – мощность холостого хода источника питания (для трансформатора  $0,2 \dots 0,4 \text{ кВ}\cdot\text{А}$ , для генератора  $2 \dots 3 \text{ кВ}\cdot\text{А}$ );

$T$  – общее (рабочее и холостое) время работы источника питания, ч.

$$P = 17,25 \times 135 \times 0,84 / 0,85 \times 1000 + 0,4 (1,68 - 0,84) = 2,3 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$$

									Лис
									8
Изм.	Лис	№ докум.	Подпис	Дат					

## 14 ВИД ТОКА

Для выбранной марки электрода МР-3 выбираем переменный ток и обратную полярность («плюс» на электроде, «минус» на изделии). При сварке изделий малой толщины для уменьшения их нагрева с целью предотвращения «прожога» и при сварке легированных сталей.

## 15 ИСТОЧНИК СВАРОЧНОГО ТОКА

Источник сварочного тока выбирается в соответствии с принятым видом тока (постоянный или переменный), найденной величиной сварочного тока и условиями сварки (сварка в помещении или на открытом воздухе).

Источниками сварочного тока при сварке на переменном токе являются сварочные трансформаторы. Выбираем сварочный трансформатор марки ТДМ – 317У2 – трансформатор для угловой сварки при монтажных работах, однопостовой, номинальный сварочный ток 310А, «7» модификация для районов с умеренным климатом, с размещением в закрытых помещениях с естественной вентиляцией.

Таблица 2.2 Техническая характеристика трансформатора ТДМ-317У2

Сила тока, А		Напряжение, В		Номиналь- ная мощ- ность, кВ- А	Габаритные размеры, мм	Масса , кг
номиналь- ная ПН- 60%	предел регули- рования	номинал- ное рабочее	холостого хода			
315	60.. .360	32,6	80/62	—	585×555×818	130

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпис	Дат					9



Таблица 2.3 Режимы технологического процесса ручной электродуговой сварки

Тип сварного соединения	Толщина свариваемых изделий, мм	Материал свариваемых изделий	Длина шва, м	Положение шва в пространстве	Временное сопротивление разрыву $\sigma_B$ , кг/мм <sup>2</sup>
<i>Н1</i>	<i>3</i>	<i>20Г</i>	<i>3,5</i>	<i>вертикальное</i>	<i>46</i>
Предел текучести $\sigma_T$ , кг/мм <sup>2</sup>	Относительное удлинение $\delta$ , %;	Относительное сужение $\psi$ , %	Диаметр электрода мм	Тип электрода	Марка электрода
<i>28</i>	<i>24</i>	<i>50</i>	<i>3</i>	<i>Э46А</i>	<i>МР-3</i>
Сила тока, А	Длина дуги, мм	Напряжение дуги, В	Масса наплавленного металла, г	Скорость сварки, м/ч	Основное время, ч
<i>135</i>	<i>2,5</i>	<i>17,25</i>	<i>884,52</i>	<i>8,3</i>	<i>0,84</i>
Расход электродов, г	Расход электроэнергии, кВт/ч	Вид тока	Источник сварочного тока	Марка источника тока	
<i>1194</i>	<i>2,3</i>	<i>Переменный</i>	<i>Сварочный трансформатор</i>	<i>ТДМ – 317У2</i>	

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Самостоятельная работа студента. Стандарт организации СТО 0493582-004-2010. Уфа: БГАУ, 2010. - 36 с.
2. Практикум по материаловедению и технологии конструкционных материалов. Уфа: БГАУ, 2013. - 156 с.
3. Марочник сталей и сплавов. Под ред. Зубченко А.С. – М.: Машиностроение, 2003. – 784 с.
4. Оськин В.А., Евсиков В.В. Материаловедение. Технология конструкционных материалов. Кн. 1. – М.: КолосС, 2008. – 447 с..

										Лис
										10
Изм.	Лис	№ докум.	Подпис	Дат						

## 2.4 ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ

### Вариант 1

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	С1
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	1
3.	Материал свариваемых изделий, мм	Ст0
4.	Длина шва, м	2
5.	Положение шва в пространстве	нижнее

### Вариант 2

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	У1
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	4
3.	Материал свариваемых изделий, мм	05кп
4.	Длина шва, м	2,5
5.	Положение шва в пространстве	вертикальное

### Вариант 3

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	Т6
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	8
3.	Материал свариваемых изделий, мм	Сталь 25
4.	Длина шва, м	3
5.	Положение шва в пространстве	Горизонтальное

### Вариант 4

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	Н2
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	6
3.	Материал свариваемых изделий, мм	Сталь 35Г
4.	Длина шва, м	2
5.	Положение шва в пространстве	нижнее

### Вариант 5

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	Т10
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	16
3.	Материал свариваемых изделий, мм	Сталь 20
4.	Длина шва, м	4
5.	Положение шва в пространстве	нижнее

### Вариант 6

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	У9
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	20
3.	Материал свариваемых изделий, мм	Сталь 14Г2
4.	Длина шва, м	1,0
5.	Положение шва в пространстве	Горизонтальное

### Вариант 7

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	С20
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	15
3.	Материал свариваемых изделий, мм	Сталь 45Г
4.	Длина шва, м	1,5
5.	Положение шва в пространстве	нижнее

## Вариант 8

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	Н1
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	10
3.	Материал свариваемых изделий, мм	Сталь 30
4.	Длина шва, м	5
5.	Положение шва в пространстве	нижнее

## Вариант 9

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	С2
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	4
3.	Материал свариваемых изделий, мм	Сталь 25
4.	Длина шва, м	6
5.	Положение шва в пространстве	вертикальное

## Вариант 10

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	У5
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	2
3.	Материал свариваемых изделий, мм	Сталь 15
4.	Длина шва, м	2
5.	Положение шва в пространстве	горизонтальное

## Вариант 11

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	Т3
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	12
3.	Материал свариваемых изделий, мм	Сталь 40Х
4.	Длина шва, м	1,2
5.	Положение шва в пространстве	нижнее

## Вариант 12

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	Т9
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	16
3.	Материал свариваемых изделий, мм	Ст. 10 кп
4.	Длина шва, м	1,5
5.	Положение шва в пространстве	вертикальное

## Вариант 13

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	С5
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	10
3.	Материал свариваемых изделий, мм	Сталь 35Х
4.	Длина шва, м	1
5.	Положение шва в пространстве	нижнее

## Вариант 14

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	С8
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	12
3.	Материал свариваемых изделий, мм	Сталь 10
4.	Длина шва, м	2
5.	Положение шва в пространстве	горизонтальное

## Вариант 15

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	У7
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	18
3.	Материал свариваемых изделий, мм	Сталь 35
4.	Длина шва, м	1
5.	Положение шва в пространстве	нижнее

## Вариант 16

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	Т7
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	14
3.	Материал свариваемых изделий, мм	Сталь 40
4.	Длина шва, м	2
5.	Положение шва в пространстве	нижнее

## Вариант 17

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	У5
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	10
3.	Материал свариваемых изделий, мм	Ст. 1 кп
4.	Длина шва, м	3
5.	Положение шва в пространстве	горизонтальное

## Вариант 18

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	С11
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	20
3.	Материал свариваемых изделий, мм	Сталь 15Г
4.	Длина шва, м	7
5.	Положение шва в пространстве	вертикальное

## Вариант 19

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	У1
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	1
3.	Материал свариваемых изделий, мм	Ст. 15 кп
4.	Длина шва, м	2
5.	Положение шва в пространстве	горизонтальное

## Вариант 20

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	Т1
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	2
3.	Материал свариваемых изделий, мм	20 кп
4.	Длина шва, м	4
5.	Положение шва в пространстве	нижнее

## Вариант 21

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	С18
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	12
3.	Материал свариваемых изделий, мм	Сталь 10
4.	Длина шва, м	1,5
5.	Положение шва в пространстве	нижнее

## Вариант 22

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	Н2
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	8
3.	Материал свариваемых изделий, мм	Сталь 3
4.	Длина шва, м	1,2
5.	Положение шва в пространстве	вертикальное

## Вариант 23

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	С2
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	1
3.	Материал свариваемых изделий, мм	Ст. 4 кп
4.	Длина шва, м	2
5.	Положение шва в пространстве	нижнее

## Вариант 24

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	У2
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	3
3.	Материал свариваемых изделий, мм	Сталь 30Г2
4.	Длина шва, м	4
5.	Положение шва в пространстве	горизонтальное

## Вариант 25

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	Т3
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	4
3.	Материал свариваемых изделий, мм	Сталь 35Г2
4.	Длина шва, м	6
5.	Положение шва в пространстве	вертикальное

## Вариант 26

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	С24
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	16
3.	Материал свариваемых изделий, мм	Сталь 20Г
4.	Длина шва, м	3
5.	Положение шва в пространстве	горизонтальное

## Вариант 27

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	У6
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	4
3.	Материал свариваемых изделий, мм	30Г
4.	Длина шва, м	3.5
5.	Положение шва в пространстве	вертикальное

## Вариант 28

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	Т6
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	12
3.	Материал свариваемых изделий, мм	10кп
4.	Длина шва, м	3
5.	Положение шва в пространстве	Нижнее

## Вариант 29

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	C5
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	6
3.	Материал свариваемых изделий, мм	Ст.5Гпс
4.	Длина шва, м	8
5.	Положение шва в пространстве	Нижнее

## Вариант 30

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	T9
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	18
3.	Материал свариваемых изделий, мм	08
4.	Длина шва, м	1
5.	Положение шва в пространстве	горизонтальное

## Вариант 31

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	У2
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	2
3.	Материал свариваемых изделий, мм	35Г
4.	Длина шва, м	2
5.	Положение шва в пространстве	Горизонтальное

## Вариант 32

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	T1
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	4
3.	Материал свариваемых изделий, мм	40
4.	Длина шва, м	1.0
5.	Положение шва в пространстве	вертикальное

## Вариант 33

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	C13
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	15
3.	Материал свариваемых изделий, мм	30
4.	Длина шва, м	1.5
5.	Положение шва в пространстве	горизонтальное

## Вариант 34

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	У7
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	14
3.	Материал свариваемых изделий, мм	15кп
4.	Длина шва, м	4
5.	Положение шва в пространстве	Нижнее

## Вариант 35

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	T3
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	6
3.	Материал свариваемых изделий, мм	15Г
4.	Длина шва, м	1.2
5.	Положение шва в пространстве	Горизонтальное

## Вариант 36

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	С8
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	20
3.	Материал свариваемых изделий, мм	30Х
4.	Длина шва, м	1.5
5.	Положение шва в пространстве	Нижнее

## Вариант 37

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	У9
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	16
3.	Материал свариваемых изделий, мм	20Х
4.	Длина шва, м	1.0
5.	Положение шва в пространстве	Горизонтальное

## Вариант 38

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	Т6
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	10
3.	Материал свариваемых изделий, мм	Ст.2
4.	Длина шва, м	3
5.	Положение шва в пространстве	Нижнее

## Вариант 39

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	С1
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	2
3.	Материал свариваемых изделий, мм	40
4.	Длина шва, м	2.2
5.	Положение шва в пространстве	Горизонтальное

## Вариант 40

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	У10
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	14
3.	Материал свариваемых изделий, мм	Ст.4сп
4.	Длина шва, м	1,8
5.	Положение шва в пространстве	Нижнее

## Вариант 41

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	У1
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	3
3.	Материал свариваемых изделий, мм	30Х2А
4.	Длина шва, м	2.0
5.	Положение шва в пространстве	Нижнее

## Вариант 42

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	Т9
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	22
3.	Материал свариваемых изделий, мм	38ХА
4.	Длина шва, м	2.5
5.	Положение шва в пространстве	вертикальное

## Вариант 43

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	С4
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	4
3.	Материал свариваемых изделий, мм	08кп
4.	Длина шва, м	2.8
5.	Положение шва в пространстве	горизонтальное

## Вариант 44

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	У2
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	5
3.	Материал свариваемых изделий, мм	30
4.	Длина шва, м	1.5
5.	Положение шва в пространстве	вертикальное

## Вариант 45

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	Н2
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	12
3.	Материал свариваемых изделий, мм	30Г2
4.	Длина шва, м	1
5.	Положение шва в пространстве	Нижнее

## Вариант 46

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	С20
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	24
3.	Материал свариваемых изделий, мм	15Х
4.	Длина шва, м	2
5.	Положение шва в пространстве	Горизонтальное

## Вариант 47

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	У2
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	3
3.	Материал свариваемых изделий, мм	10Г2
4.	Длина шва, м	4
5.	Положение шва в пространстве	вертикальное

## Вариант 48

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	С11
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	8
3.	Материал свариваемых изделий, мм	Ст.2пс
4.	Длина шва, м	3
5.	Положение шва в пространстве	Горизонтальное

## Вариант 49

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	Т1
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	6
3.	Материал свариваемых изделий, мм	15ХА
4.	Длина шва, м	1.5
5.	Положение шва в пространстве	Горизонтальное



## Вариант 50

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	Н1
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	3
3.	Материал свариваемых изделий, мм	20Г
4.	Длина шва, м	3.5
5.	Положение шва в пространстве	вертикальное

## Вариант 51

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	У4
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	4
3.	Материал свариваемых изделий, мм	25Г
4.	Длина шва, м	4
5.	Положение шва в пространстве	Нижнее

## Вариант 52

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	С5
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	16
3.	Материал свариваемых изделий, мм	Ст3кп
4.	Длина шва, м	3.2
5.	Положение шва в пространстве	Горизонтальное

## Вариант 53

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	Т7
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	10
3.	Материал свариваемых изделий, мм	10Г2
4.	Длина шва, м	1.7
5.	Положение шва в пространстве	Горизонтальное

## Вариант 54

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	Н2
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	2
3.	Материал свариваемых изделий, мм	15
4.	Длина шва, м	1.5
5.	Положение шва в пространстве	Нижнее

## Вариант 55

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	С1
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	3
3.	Материал свариваемых изделий, мм	35
4.	Длина шва, м	1.0
5.	Положение шва в пространстве	вертикальное

## Вариант 56

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	У6
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	12
3.	Материал свариваемых изделий, мм	15кп
4.	Длина шва, м	2.8
5.	Положение шва в пространстве	Нижнее

## Вариант 57

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	T10
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	22
3.	Материал свариваемых изделий, мм	40
4.	Длина шва, м	1.2
5.	Положение шва в пространстве	вертикальное

## Вариант 58

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	C15
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	8
3.	Материал свариваемых изделий, мм	20
4.	Длина шва, м	1.8
5.	Положение шва в пространстве	нижнее

## Вариант 59

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	У8
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	18
3.	Материал свариваемых изделий, мм	10кп
4.	Длина шва, м	2
5.	Положение шва в пространстве	Горизонтальное

## Вариант 60

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	T9
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	14
3.	Материал свариваемых изделий, мм	Ст.5пс
4.	Длина шва, м	1.5
5.	Положение шва в пространстве	Нижнее

## Вариант 61

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	У2
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	2
3.	Материал свариваемых изделий, мм	35Г
4.	Длина шва, м	2
5.	Положение шва в пространстве	Нижнее

## Вариант 62

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	C4
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	5
3.	Материал свариваемых изделий, мм	08
4.	Длина шва, м	4
5.	Положение шва в пространстве	Горизонтальное

## Вариант 63

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	У4
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	8
3.	Материал свариваемых изделий, мм	15Х
4.	Длина шва, м	2
5.	Положение шва в пространстве	Нижнее

## Вариант 64

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	T1
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	10
3.	Материал свариваемых изделий, мм	35X
4.	Длина шва, м	1.5
5.	Положение шва в пространстве	Вертикальное

## Вариант 65

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	C10
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	20
3.	Материал свариваемых изделий, мм	20X
4.	Длина шва, м	1.0
5.	Положение шва в пространстве	Нижнее

## Вариант 66

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	У3
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	5
3.	Материал свариваемых изделий, мм	Ст.4кп
4.	Длина шва, м	3.0
5.	Положение шва в пространстве	Горизонтальное

## Вариант 67

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	T7
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	4
3.	Материал свариваемых изделий, мм	35
4.	Длина шва, м	2.8
5.	Положение шва в пространстве	Нижнее

## Вариант 68

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	C13
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	22
3.	Материал свариваемых изделий, мм	30
4.	Длина шва, м	2.0
5.	Положение шва в пространстве	Горизонтальное

## Вариант 69

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	У5
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	4
3.	Материал свариваемых изделий, мм	20Г
4.	Длина шва, м	3.6
5.	Положение шва в пространстве	Нижнее

## Вариант 70

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	T9
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	20
3.	Материал свариваемых изделий, мм	30Г2
4.	Длина шва, м	1
5.	Положение шва в пространстве	Горизонтальное

## Вариант 71

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	C14
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	8
3.	Материал свариваемых изделий, мм	30X
4.	Длина шва, м	0.8
5.	Положение шва в пространстве	Нижнее

## Вариант 72

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	У8
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	22
3.	Материал свариваемых изделий, мм	10
4.	Длина шва, м	0.6
5.	Положение шва в пространстве	Нижнее

## Вариант 73

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	T10
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	14
3.	Материал свариваемых изделий, мм	35Г2
4.	Длина шва, м	4
5.	Положение шва в пространстве	Горизонтальное

## Вариант 74

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	C15
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	12
3.	Материал свариваемых изделий, мм	Ст.6пс
4.	Длина шва, м	3
5.	Положение шва в пространстве	Нижнее

## Вариант 75

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	У10
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	18
3.	Материал свариваемых изделий, мм	Ст.5Гпс
4.	Длина шва, м	3.8
5.	Положение шва в пространстве	Горизонтальное

## Вариант 76

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	H1
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	4
3.	Материал свариваемых изделий, мм	Ст.0
4.	Длина шва, м	1.5
5.	Положение шва в пространстве	Нижнее

## Вариант 77

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	T9
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	20
3.	Материал свариваемых изделий, мм	40
4.	Длина шва, м	1.2
5.	Положение шва в пространстве	Горизонтальное

## Вариант 78

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	С6
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	7
3.	Материал свариваемых изделий, мм	15Г
4.	Длина шва, м	1.8
5.	Положение шва в пространстве	Нижнее

## Вариант 79

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	С8
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	16
3.	Материал свариваемых изделий, мм	25Г
4.	Длина шва, м	2.2
5.	Положение шва в пространстве	Вертикальное

## Вариант 80

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	У1
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	2
3.	Материал свариваемых изделий, мм	35Г
4.	Длина шва, м	2.8
5.	Положение шва в пространстве	Горизонтальное

## Вариант 81

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	Т1
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	6
3.	Материал свариваемых изделий, мм	20Г
4.	Длина шва, м	1.0
5.	Положение шва в пространстве	Горизонтальное

## Вариант 82

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	С11
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	10
3.	Материал свариваемых изделий, мм	Ст.1пс
4.	Длина шва, м	1.2
5.	Положение шва в пространстве	Нижнее

## Вариант 83

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	У4
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	8
3.	Материал свариваемых изделий, мм	Ст.3Гпо
4.	Длина шва, м	4
5.	Положение шва в пространстве	Нижнее

## Вариант 84

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	Т6
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	2
3.	Материал свариваемых изделий, мм	15кп
4.	Длина шва, м	6
5.	Положение шва в пространстве	Горизонтальное

## Вариант 85

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	С2
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	3
3.	Материал свариваемых изделий, мм	Ст.5пс
4.	Длина шва, м	2
5.	Положение шва в пространстве	Нижнее

## Вариант 86

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	У6
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	14
3.	Материал свариваемых изделий, мм	38ХА
4.	Длина шва, м	1.4
5.	Положение шва в пространстве	Нижнее

## Вариант 87

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	Т10
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	18
3.	Материал свариваемых изделий, мм	30ХРА
4.	Длина шва, м	0.8
5.	Положение шва в пространстве	Горизонтальное

## Вариант 88

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	С18
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	4
3.	Материал свариваемых изделий, мм	20кп
4.	Длина шва, м	1.5
5.	Положение шва в пространстве	Вертикальное

## Вариант 89

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	У9
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	22
3.	Материал свариваемых изделий, мм	08
4.	Длина шва, м	1.6
5.	Положение шва в пространстве	Горизонтальное

## Вариант 90

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	Н1
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	7
3.	Материал свариваемых изделий, мм	Ст.3сп
4.	Длина шва, м	2.2
5.	Положение шва в пространстве	Нижнее

## Вариант 91

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	У2
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	1
3.	Материал свариваемых изделий, мм	15
4.	Длина шва, м	1.6
5.	Положение шва в пространстве	Горизонтальное

## Вариант 92

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	С10
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	9
3.	Материал свариваемых изделий, мм	Ст.1кп
4.	Длина шва, м	6
5.	Положение шва в пространстве	Нижнее

## Вариант 93

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	Т1
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	12
3.	Материал свариваемых изделий, мм	30Х
4.	Длина шва, м	4
5.	Положение шва в пространстве	Горизонтальное

## Вариант 94

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	У3
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	8
3.	Материал свариваемых изделий, мм	15Г
4.	Длина шва, м	6
5.	Положение шва в пространстве	Вертикальное

## Вариант 95

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	С4
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	7
3.	Материал свариваемых изделий, мм	15ХА
4.	Длина шва, м	5
5.	Положение шва в пространстве	Горизонтальное

## Вариант 96

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	Т3
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	2
3.	Материал свариваемых изделий, мм	20Х
4.	Длина шва, м	2.5
5.	Положение шва в пространстве	горизонтальное

## Вариант 97

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	У4
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	10
3.	Материал свариваемых изделий, мм	40
4.	Длина шва, м	3.2
5.	Положение шва в пространстве	Нижнее

## Вариант 98

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	С2
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	6
3.	Материал свариваемых изделий, мм	25Г
4.	Длина шва, м	3.8
5.	Положение шва в пространстве	Вертикальное

## Вариант 99

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	T7
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	5
3.	Материал свариваемых изделий, мм	20
4.	Длина шва, м	3.6
5.	Положение шва в пространстве	полочный

## Вариант 100

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	У9
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	11
3.	Материал свариваемых изделий, мм	25
4.	Длина шва, м	2.3
5.	Положение шва в пространстве	Вертикальное

## Вариант 101

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	C11
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	21
3.	Материал свариваемых изделий, мм	Ст.3сп
4.	Длина шва, м	1.0
5.	Положение шва в пространстве	Нижнее

## Вариант 102

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	T10
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	14
3.	Материал свариваемых изделий, мм	Ст.1сп
4.	Длина шва, м	1.6
5.	Положение шва в пространстве	Нижнее

## Вариант 103

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	У10
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	16
3.	Материал свариваемых изделий, мм	Ст.3кп
4.	Длина шва, м	2.6
5.	Положение шва в пространстве	Нижнее

## Вариант 104

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	C14
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	10
3.	Материал свариваемых изделий, мм	30Г2
4.	Длина шва, м	0.8
5.	Положение шва в пространстве	Нижнее

## Вариант 105

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	C4
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	8
3.	Материал свариваемых изделий, мм	35Г
4.	Длина шва, м	0.6
5.	Положение шва в пространстве	горизонтальное



## Вариант 106

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	У3
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	2
3.	Материал свариваемых изделий, мм	35Х
4.	Длина шва, м	3.4
5.	Положение шва в пространстве	Вертикальное

## Вариант 107

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	Т1
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	18
3.	Материал свариваемых изделий, мм	10кп
4.	Длина шва, м	4.2
5.	Положение шва в пространстве	Нижнее

## Вариант 108

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	С10
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	22
3.	Материал свариваемых изделий, мм	Ст.6сп
4.	Длина шва, м	1.8
5.	Положение шва в пространстве	Горизонтальное

## Вариант 109

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	У5
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	6
3.	Материал свариваемых изделий, мм	Ст.2кп
4.	Длина шва, м	2.8
5.	Положение шва в пространстве	Нижнее

## Вариант 110

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	Т10
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	20
3.	Материал свариваемых изделий, мм	30Г
4.	Длина шва, м	1.8
5.	Положение шва в пространстве	Нижнее

## Вариант 111

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	С13
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	20
3.	Материал свариваемых изделий, мм	30ХРА
4.	Длина шва, м	1.6
5.	Положение шва в пространстве	Нижнее

## Вариант 112

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	У7
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	8
3.	Материал свариваемых изделий, мм	15Х
4.	Длина шва, м	2
5.	Положение шва в пространстве	Нижнее

## Вариант 113

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	Т3
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	10
3.	Материал свариваемых изделий, мм	Ст.0
4.	Длина шва, м	2.2
5.	Положение шва в пространстве	Нижнее

## Вариант 114

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	С18
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	16
3.	Материал свариваемых изделий, мм	Ст.3кп
4.	Длина шва, м	2.4
5.	Положение шва в пространстве	Нижнее

## Вариант 115

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	У10
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	12
3.	Материал свариваемых изделий, мм	Ст.5Гпс
4.	Длина шва, м	3.8
5.	Положение шва в пространстве	Нижнее

## Вариант 116

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	Н1
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	16
3.	Материал свариваемых изделий, мм	30
4.	Длина шва, м	4
5.	Положение шва в пространстве	Горизонтальное

## Вариант 117

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	С21
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	4
3.	Материал свариваемых изделий, мм	20
4.	Длина шва, м	1
5.	Положение шва в пространстве	Вертикальное

## Вариант 118

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	У2
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	6
3.	Материал свариваемых изделий, мм	10Г2
4.	Длина шва, м	0.6
5.	Положение шва в пространстве	Горизонтальное

## Вариант 119

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	Н2
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	10
3.	Материал свариваемых изделий, мм	Ст.4пс
4.	Длина шва, м	0.4
5.	Положение шва в пространстве	Нижнее

## Вариант 120

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	С23
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	16
3.	Материал свариваемых изделий, мм	20Г
4.	Длина шва, м	0.8
5.	Положение шва в пространстве	Потолочный

## Вариант 121

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	С1
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	3
3.	Материал свариваемых изделий, мм	Ст.3пс
4.	Длина шва, м	2.8
5.	Положение шва в пространстве	Горизонтальное

## Вариант 122

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	У3
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	4
3.	Материал свариваемых изделий, мм	Ст.6пс
4.	Длина шва, м	3
5.	Положение шва в пространстве	Вертикальное

## Вариант 123

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	Т1
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	3
3.	Материал свариваемых изделий, мм	35
4.	Длина шва, м	4
5.	Положение шва в пространстве	Нижнее

## Вариант 124

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	С2
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	2
3.	Материал свариваемых изделий, мм	08кп
4.	Длина шва, м	4.2
5.	Положение шва в пространстве	Горизонтальное

## Вариант 125

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	У4
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	5
3.	Материал свариваемых изделий, мм	Ст.5пс
4.	Длина шва, м	4.4
5.	Положение шва в пространстве	вертикальное

## Вариант 126

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	Т3
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	5
3.	Материал свариваемых изделий, мм	Ст.5пс
4.	Длина шва, м	5.2
5.	Положение шва в пространстве	Вертикальное

## Вариант 127

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	С4
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	6
3.	Материал свариваемых изделий, мм	0.8
4.	Длина шва, м	0.4
5.	Положение шва в пространстве	Нижнее

## Вариант 128

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	У5
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	8
3.	Материал свариваемых изделий, мм	Ст.1кп
4.	Длина шва, м	0.6
5.	Положение шва в пространстве	Горизонтальное

## Вариант 129

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	Т6
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	15
3.	Материал свариваемых изделий, мм	25Г
4.	Длина шва, м	0.8
5.	Положение шва в пространстве	Вертикальное

## Вариант 130

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	С8
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	16
3.	Материал свариваемых изделий, мм	10
4.	Длина шва, м	1.9
5.	Положение шва в пространстве	Нижнее

## Вариант 131

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	У7
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	4
3.	Материал свариваемых изделий, мм	Ст.3Гпс
4.	Длина шва, м	2.5
5.	Положение шва в пространстве	Горизонтальное

## Вариант 132

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	Н1
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	4
3.	Материал свариваемых изделий, мм	15кп
4.	Длина шва, м	3.3
5.	Положение шва в пространстве	Нижнее

## Вариант 133

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	С11
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	12
3.	Материал свариваемых изделий, мм	Ст.2кп
4.	Длина шва, м	4.2
5.	Положение шва в пространстве	Вертикальное

## Вариант 134

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	У9
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	14
3.	Материал свариваемых изделий, мм	30Г2
4.	Длина шва, м	3.0
5.	Положение шва в пространстве	Нижнее

## Вариант 135

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	Н2
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	3
3.	Материал свариваемых изделий, мм	25
4.	Длина шва, м	3.8
5.	Положение шва в пространстве	Нижнее

## Вариант 136

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	Т1
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	2
3.	Материал свариваемых изделий, мм	15Г
4.	Длина шва, м	1.1
5.	Положение шва в пространстве	Нижнее

## Вариант 137

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	С1
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	1
3.	Материал свариваемых изделий, мм	15Х
4.	Длина шва, м	2.0
5.	Положение шва в пространстве	Нижнее

## Вариант 138

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	У3
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	6
3.	Материал свариваемых изделий, мм	15ХА
4.	Длина шва, м	2.2
5.	Положение шва в пространстве	Горизонтальное

## Вариант 139

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	Т3
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	3
3.	Материал свариваемых изделий, мм	10кп
4.	Длина шва, м	1.5
5.	Положение шва в пространстве	вертикальное

## Вариант 140

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	С2
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	3
3.	Материал свариваемых изделий, мм	40
4.	Длина шва, м	1.6
5.	Положение шва в пространстве	Нижнее

## Вариант 141

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	У5
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	10
3.	Материал свариваемых изделий, мм	Ст.4кп
4.	Длина шва, м	2.4
5.	Положение шва в пространстве	Вертикальное

## Вариант 142

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	Т6
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	4
3.	Материал свариваемых изделий, мм	30Г
4.	Длина шва, м	2.3
5.	Положение шва в пространстве	Горизонтальное

## Вариант 143

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	С5
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	8
3.	Материал свариваемых изделий, мм	38ХА
4.	Длина шва, м	4.4
5.	Положение шва в пространстве	Потолочный

## Вариант 144

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	У8
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	20
3.	Материал свариваемых изделий, мм	30
4.	Длина шва, м	3.6
5.	Положение шва в пространстве	Нижнее

## Вариант 145

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	Т9
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	16
3.	Материал свариваемых изделий, мм	Ст.5Гпс
4.	Длина шва, м	2
5.	Положение шва в пространстве	Нижнее

## Вариант 146

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	С11
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	12
3.	Материал свариваемых изделий, мм	10Г2
4.	Длина шва, м	3
5.	Положение шва в пространстве	Горизонтальное

## Вариант 147

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	Н2
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	5
3.	Материал свариваемых изделий, мм	35
4.	Длина шва, м	1
5.	Положение шва в пространстве	Нижнее

## Вариант 148

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	T10
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	12
3.	Материал свариваемых изделий, мм	Ст.3пс
4.	Длина шва, м	1.5
5.	Положение шва в пространстве	Вертикальное

## Вариант 149

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	C4
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	2
3.	Материал свариваемых изделий, мм	Ст.1сп
4.	Длина шва, м	2.5
5.	Положение шва в пространстве	Потолочный

## Вариант 150

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	У3
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	3
3.	Материал свариваемых изделий, мм	15X
4.	Длина шва, м	2.6
5.	Положение шва в пространстве	Нижнее

## Вариант 151

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	T3
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	8
3.	Материал свариваемых изделий, мм	35
4.	Длина шва, м	2.4
5.	Положение шва в пространстве	Нижнее

## Вариант 152

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	C5
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	4
3.	Материал свариваемых изделий, мм	08
4.	Длина шва, м	3.2
5.	Положение шва в пространстве	Нижнее

## Вариант 153

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	У6
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	6
3.	Материал свариваемых изделий, мм	Ст.2кп
4.	Длина шва, м	4.0
5.	Положение шва в пространстве	Нижнее

## Вариант 154

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	T7
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	12
3.	Материал свариваемых изделий, мм	Ст.0
4.	Длина шва, м	1.8
5.	Положение шва в пространстве	Нижнее

## Вариант 155

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	С10
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	16
3.	Материал свариваемых изделий, мм	Ст.6пс
4.	Длина шва, м	1.6
5.	Положение шва в пространстве	Вертикальное

## Вариант 156

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	У7
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	8
3.	Материал свариваемых изделий, мм	30ХРА
4.	Длина шва, м	0.8
5.	Положение шва в пространстве	Горизонтальное

## Вариант 157

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	Н1
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	7
3.	Материал свариваемых изделий, мм	08кп
4.	Длина шва, м	0.4
5.	Положение шва в пространстве	Нижнее

## Вариант 158

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	Т6
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	15
3.	Материал свариваемых изделий, мм	30Г
4.	Длина шва, м	0.5
5.	Положение шва в пространстве	Нижнее

## Вариант 159

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	С15
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	4
3.	Материал свариваемых изделий, мм	25
4.	Длина шва, м	1.1
5.	Положение шва в пространстве	Нижнее

## Вариант 160

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	У8
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	14
3.	Материал свариваемых изделий, мм	15Г
4.	Длина шва, м	1.9
5.	Положение шва в пространстве	Горизонтальное

## Вариант 161

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	Н2
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	10
3.	Материал свариваемых изделий, мм	30Г2
4.	Длина шва, м	2.2
5.	Положение шва в пространстве	Вертикальное



## Вариант 162

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	С20
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	16
3.	Материал свариваемых изделий, мм	15кп
4.	Длина шва, м	3.4
5.	Положение шва в пространстве	Потолочный

## Вариант 163

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	У9
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	18
3.	Материал свариваемых изделий, мм	08кп
4.	Длина шва, м	4.4
5.	Положение шва в пространстве	Нижнее

## Вариант 164

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	Т1
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	25
3.	Материал свариваемых изделий, мм	20Х
4.	Длина шва, м	5
5.	Положение шва в пространстве	Нижнее

## Вариант 165

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	С13
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	18
3.	Материал свариваемых изделий, мм	30Х
4.	Длина шва, м	0.8
5.	Положение шва в пространстве	Нижнее

## Вариант 166

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	С2
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	5
3.	Материал свариваемых изделий, мм	35
4.	Длина шва, м	0.4
5.	Положение шва в пространстве	Нижнее

## Вариант 167

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	У4
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	2
3.	Материал свариваемых изделий, мм	30
4.	Длина шва, м	0.6
5.	Положение шва в пространстве	Нижнее

## Вариант 168

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	Т3
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	10
3.	Материал свариваемых изделий, мм	Ст.5пс
4.	Длина шва, м	2.5
5.	Положение шва в пространстве	Нижнее

## Вариант 169

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	С4
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	3
3.	Материал свариваемых изделий, мм	Ст.3пс
4.	Длина шва, м	2.3
5.	Положение шва в пространстве	Горизонтальное

## Вариант 170

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	У3
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	7
3.	Материал свариваемых изделий, мм	15ХА
4.	Длина шва, м	4.8
5.	Положение шва в пространстве	Вертикальное

## Вариант 171

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	Т6
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	6
3.	Материал свариваемых изделий, мм	35
4.	Длина шва, м	4.3
5.	Положение шва в пространстве	Нижнее

## Вариант 172

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	С5
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	20
3.	Материал свариваемых изделий, мм	Ст.5Гпс
4.	Длина шва, м	3.1
5.	Положение шва в пространстве	Горизонтальное

## Вариант 173

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	У5
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	12
3.	Материал свариваемых изделий, мм	20Г
4.	Длина шва, м	2.5
5.	Положение шва в пространстве	Вертикальное

## Вариант 174

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	Н1
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	8
3.	Материал свариваемых изделий, мм	20кп
4.	Длина шва, м	3.6
5.	Положение шва в пространстве	Нижнее

## Вариант 175

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	С8
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	4
3.	Материал свариваемых изделий, мм	10
4.	Длина шва, м	3.3
5.	Положение шва в пространстве	Горизонтальное

## Вариант 176

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	У6
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	14
3.	Материал свариваемых изделий, мм	08
4.	Длина шва, м	4.2
5.	Положение шва в пространстве	Вертикальное

## Вариант 177

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	Н2
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	4
3.	Материал свариваемых изделий, мм	Ст.4пс
4.	Длина шва, м	1.2
5.	Положение шва в пространстве	Нижнее

## Вариант 178

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	С10
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	24
3.	Материал свариваемых изделий, мм	10Г2
4.	Длина шва, м	1.0
5.	Положение шва в пространстве	Горизонтальное

## Вариант 179

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	Т1
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	2
3.	Материал свариваемых изделий, мм	10кп
4.	Длина шва, м	1.6
5.	Положение шва в пространстве	Нижнее

## Вариант 180

1.	Тип сварного соединения ГОСТ 5264 – 60	С15
2.	Толщина свариваемых изделий, мм	20
3.	Материал свариваемых изделий, мм	15
4.	Длина шва, м	2.0
5.	Положение шва в пространстве	Нижнее

# РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3

## ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ В ЭЛЕКТРОТЕХНИКЕ

### 3.1 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Рассмотрим последовательность выполнения на примере оптического пирометра ОППИР – 017.

**1 Общая характеристика изделия.** В данном пункте задания следует указать полное название устройства, тип, марку или модель с полной расшифровкой и его назначение (можно представить схему, рисунок или фотографию выбранного устройства с указанием позиций деталей).

Оптический пирометр типа ОППИР-017. Расшифровка: ОП – оптический; ПИР – пирометр; 017 – модификация со встроенным показывающим прибором принадлежит к числу приборов частичного излучения с исчезающей нитью излучения переменного накала. Пирометры этого рода предназначены для измерения температуры тел, нагретых выше температуры начала видимого свечения по их спектральной яркости, наблюдаемой в лучах определенного цвета и оцениваемой по значению приводимой с нею фотометрического равновесия эталонной регулируемой нити электрической лампы накаливания.

**2 Перечень электротехнических и конструкционных деталей.** Здесь приводится весь перечень электротехнических и конструкционных материалов имеющих в данном устройстве. Для правильного и точного определения названия основных деталей необходимо тщательно изучить конструкцию выбранного устройства (при необходимости привести необходимые эскизы с разрезами).

Основные детали оптического пирометра:

#### 2.1 Электротехнические детали (указать марку материалов).

- постоянный магнит показывающего прибора;
- кольцевой реостат;
- щетка реостата;
- зажимы;
- провод с наконечниками;
- изоляция лампы накаливания;
- нить накала лампы;
- обмотка реостата;

#### 2.2 Конструкционные детали (указать марку материалов).

- корпус прибора;
- стрелка показывающего прибора;
- циферблат;
- стопорный винт.

#### **3 Выбор деталей.**

Из всего списка деталей (изделий) выбирается **три** из различных материалов (согласно классификации электротехнических материалов):

1. Проводниковый;
2. Полупроводниковый;
3. Электроизоляционный;
4. Магнитный).

Также необходимо выбрать **две** детали из конструкционных.

Для нашего примера:

#### **Электротехнические детали:**

1. Постоянный магнит показывающего прибора - магнитный (сплав марки ЮН14ДК25А);
2. Нить накала лампы – проводниковый (*марка*);
3. Изоляция лампы накаливания – электроизоляционный (*марка*);

#### **Конструкционные детали:**

1. Корпус прибора (сталь марки СтЗкп);
2. Стрелка показывающего прибора (*марка*).

#### **4 Характеристика трех деталей из электротехнических**

Для выбранных изделий приводится их характеристика в следующей последовательности:

1. Указывается точное техническое название изделия (например, обмоточный провод; монтажный провод; разрывной контакт; шайба диода; покрывной лак; заливочный компаунд и т.д.);

2. Указывается марка материала и точный химический состав по ГОСТ (номер ГОСТа), вид и размеры изделия (диаметр проволоки; толщина пластины трансформатора и т.п.).

3. Описывается кратко способ изготовления этого изделия, указывается вид и режим термической обработки (если она производится).

4. Приводится характеристика свойств рассматриваемого изделия:

- общих физических (плотность, температура плавления, теплопроводность электропроводность и т.д.);
- электрических или магнитных (указывается все свойства);
- механических (предел прочности, относительное удлинение, твердость и т.д.)
- технологических.

При ответе на данный пункт задания необходимо привести полное название рассматриваемого свойства его условное обозначение, численную величину, размерность в системе СИ.

#### **4.1 Постоянный магнит показывающего прибора.**

Постоянный магнит изготовим из сплава марки ЮН14ДК25А по ГОСТ 17809 – 72.

Расшифровка: Ю – в состав входит алюминий; Н – никель; Д – медь; К – кобальт; А – сплав со столбчатой структурой.

Химический состав: Алюминий – 8 %; Никель – 14 %; Медь – 4%; Кобальт 25%; Железо – 49 %.

Магнит данной марки получают методом внепечной кристаллизации. Расплав заливают в предварительно разогретую до 1300<sup>0</sup>С многогнездную огнеупорную форму с тонкими перемычками, обеспечивающий взаимный

обогрев отливок в процессе кристаллизации. Непосредственно перед заливкой разогретая форма устанавливается на массивный стальной холодильник, дополнительно теплоизолируется песком и оборудуется заливочным отверстием в виде воронки. Полученная таким образом отливка имеет кристаллическую текстуру направленную по оси формы.

Термическая обработка заключается в охлаждении от 1280 °С в магнитном поле напряженностью не более 160 кА/м до 900 °С со скоростью 200 °С/мин и до 600 °С со скоростью 25 °С/мин. Отпуск: 610 °С – в течение 5 часов.

При нагревании выше 1200 °С сплав имеет однофазную структуру ОЦК  $\alpha$  – фазы ( $\alpha$  твердый раствор на основе NiAl). В интервале температур 1200 – 900 °С имеет двухфазную структуру ( $\alpha+\gamma$ ).  $\gamma$  – фаза (ГЦК) – твердый раствор Fe $\gamma$ , аналогично аустениту в стали.

## 2.2 СОДЕРЖАНИЕ ЗАДАНИЯ

1. Назначение изделия (*до 1 стр.*);
2. Принцип работы (нарисовать эскиз или схему изделия на котором указать выбранные материалы, *до 1 стр.*);
3. Выбрать два электротехнических и один конструкционный материал, указать марку выбранных материалов (*до 0,5 стр.*);
4. Назначение выбранных материалов в изделии (указать за счет каких свойств материала реализуется его применение в изделии, *до 2 стр.*);
5. Свойства выбранных материалов (*3...5 стр.*);
  - 5.1 электрические
  - 5.2 теплофизические
  - 5.3 механические
  - 5.4 технологические
6. Заменители выбранных материалов (*до 1 стр.*);
7. Технология изготовления (получения) выбранных деталей (материалов) в изделии со схемами производства (*до 3 стр.*).

Список использованных источников.

### 3.3 ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЯ

ФГБОУ ВПО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»

Факультет: «Энергетический»  
Кафедра: «Технология металлов и ремонт машин»  
Направление: «Агроинженерия»  
Форма обучения: очная  
Курс, группа: 1,1  
Вариант

**ИВАНОВ ИВАН ИВАНОВИЧ**  
**РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА**  
**ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ В ЭЛЕКТРОТЕХНИКЕ**

«К защите допускаю»

Руководитель:

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
(подпись)

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Оценка при защите:

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
(подпись)

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Уфа 20\_\_

ФГБОУ ВПО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»

Факультет: «Энергетический»

Кафедра: «Технология металлов и ремонт машин»

Специальность: «Агроинженерия»

Форма обучения: очная

Курс, группа: 1, 1

**ЗАДАНИЕ**

**на расчетно-графическую работу**

Вариант \_\_

**ИВАНОВ ИВАН ИВАНОВИЧ**

*(Фамилия, имя, отчество студента)*

**1 Вариант изделия для домашней работы: Термопара с корпусом**

**2 Содержание домашнего задания:**

1. Назначение устройства (*до 1 стр.*);
2. Принцип работы устройства (*до 1 стр.*);
3. Выбор двух электротехнических и одного конструкционного материала (*до 0,5 стр.*);
4. Назначение выбранных изделий в устройстве (*до 1 стр.*);
5. Свойства выбранных материалов изделий (*3...5 стр.*);
  - 5.1. Электрические
  - 5.2. Теплофизические
  - 5.3. Механические
  - 5.4. Технологические
6. Заменители выбранных материалов (*до 1 стр.*);
7. Технология изготовления выбранных изделий (*3...5 стр.*).

Список использованных источников

Руководитель:

/ д.т.н., Сайфуллин Р./Н.

Задание принял к исполнению: \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_



## ОГЛАВЛЕНИЕ

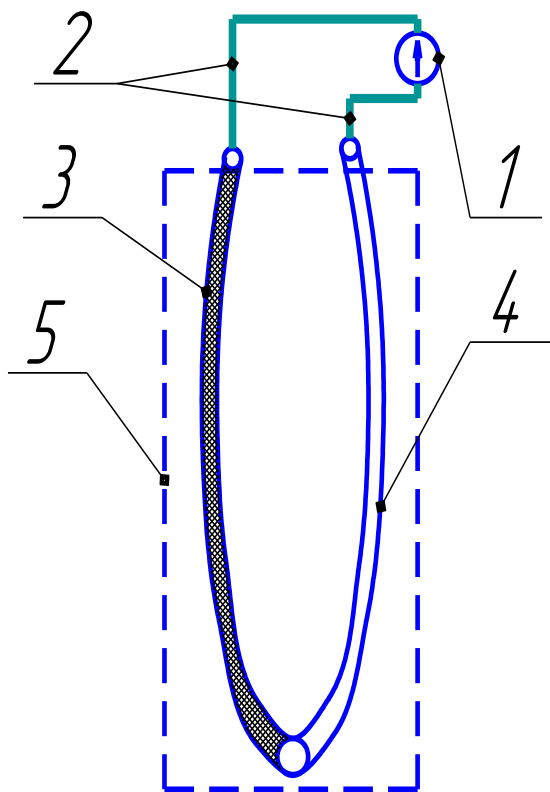
1 НАЗНАЧЕНИЕ УСТРОЙСТВА .....	4
2 ПРИНЦИП РАБОТЫ УСТРОЙСТВА.....	4
3 ВЫБОР МАТЕРИАЛОВ .....	5
4 НАЗНАЧЕНИЕ ВЫБРАННЫХ ИЗДЕЛИЙ В УСТРОЙСТВЕ.....	5
5 СВОЙСТВА ВЫБРАННЫХ МАТЕРИАЛОВ ИЗДЕЛИЯ.....	5
6 ЗАМЕНИТЕЛИ ВЫБРАННЫХ МАТЕРИАЛОВ.....	6
7 ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ВЫБРАННЫХ ИЗДЕЛИЙ.....	7
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....	8

						Лис
						3
Изм.	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		

## 1 НАЗНАЧЕНИЕ УСТРОЙСТВА

Термопары используются, как датчики температуры в очень широком диапазоне. Могут измерять температуру в несколько тысяч градусов.

## 2 ПРИНЦИП РАБОТЫ УСТРОЙСТВА



Термопара состоит из сваренных вместе двух разнородных металлов. При нагреве между этими металлами образуется разность потенциалов. Напряжение на термопаре достаточно линейно зависит от температуры.

Рисунок 1 Схема термопары  
1–измерительный прибор; 2–провода;  
3, 4–термоэлектроды (хромель, копель); 5–корпус (коррозионно-стойкая жаропрочная сталь 12X18Н9).

## 3 ВЫБОР МАТЕРИАЛОВ

Выбираем: два электротехнических материала: термоэлектроды – Хромель; Копель.

Конструкционный материал: корпус термопары – коррозионно-стойкая жаропрочная сталь 12X18Н9.

						Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		4

#### 4 НАЗНАЧЕНИЕ ВЫБРАННЫХ ИЗДЕЛИЙ В УСТРОЙСТВЕ

Хромель и копель применяется для изготовления термоэлектродов термопары и используется для создания термо-ЭДС. Данные материалы нашли применение, т.к. создают термо-ЭДС достаточной величины.

#### 5 СВОЙСТВА ВЫБРАННЫХ МАТЕРИАЛОВ ИЗДЕЛИЯ

##### Электротехнические материалы.

1. Хромель – сплав, состоящий из следующих элементов:

Хром – 8,7...10 %;

Никель – 89...91 %;

Примеси – кремний, медь, марганец, кобальт.

##### Свойства.

Плотность сплава – 8710 кг/м<sup>2</sup>;

Температура плавления – 1400...1500°C;

Температурный коэффициент линейного расширения –  $12,8 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ ;

Удельное электрическое сопротивление – 0,66 мкОм·м.

2. Копель – сплав, состоящий из следующих элементов:

Железо – 2...3 %;

Никель – 43...44 %;

Медь – остальное.

##### Свойства.

Плотность сплава – 8900 кг/м<sup>2</sup>;

Температура плавления – 1220...1290°C;

Температурный коэффициент линейного расширения –  $14,4 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ ;

Удельное электрическое сопротивление – 0,5 мкОм·м.

						Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		5

**Конструкционный материал.**

Коррозионно-стойкая жаропрочная сталь 12Х18Н9.

Таблица 1. Химический состав % стали 12Х18Н ГОСТ 5632-72

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr
0,12	0,8	2	8...10	0,02	0,035	17...19

**Механические свойства.**

Предел кратковременной прочности - 490 МПа;

Предел текучести – 196 МПа;

Относительное удлинение при разрыве – 45 %;

Относительное сужение – 55 %.

**Физические свойства.**

Модуль упругости первого рода –  $2,05 \cdot 10^5$  МПа;

Коэффициент температурного расширения -  $16,6 \cdot 10^6$  1/град;

Коэффициент теплопроводности - 15 Вт/(м·град);

Плотность материала – 7900 кг/м<sup>3</sup>;

Удельное электросопротивление –  $725 \cdot 10^9$  Ом·м

**Технологические свойства.**

Свариваемость - сварка производится без подогрева и без последующей термообработки.

**6 ЗАМЕНИТЕЛИ ВЫБРАННЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Можно применять другие сплавы для термопары например золото-платиновые и платина-палладиевые, но при этом нужно изменить тарировку пирометра.

						Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		6

## 7 ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ВЫБРАННЫХ ИЗДЕЛИЙ

Термоэлектроды представляют собой проволоку поэтому они изготавливаются волочением.

Сущность процесса волочения заключается в протягивании заготовок через сужающееся отверстие (фильеру) в инструменте, называемом волокой. Конфигурация отверстия определяет форму получаемого профиля. Волочением получают проволоку диаметром 0,002...4 мм.

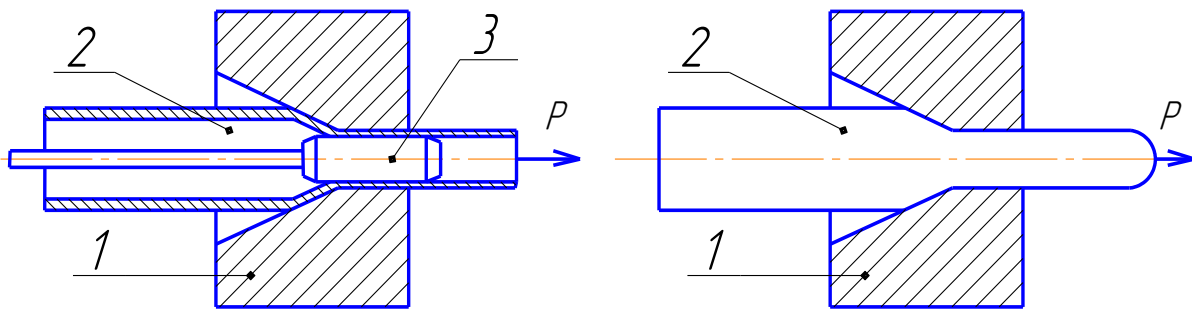


Рисунок 1 Схемы волочения

1 – волока; 2 – заготовка; 3 – оправка

Корпус термопары представляет собой трубку, поэтому его также можно изготовить волочением.

Волочением изготавливают трубы диаметром от десятых долей миллиметра до 400—500 мм и с толщиной стенки от сотых долей миллиметра до 30—40 мм.

						Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпис	Дат		7

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Самостоятельная работа студента. Стандарт организации СТО 0493582-004-2010. Уфа: БГАУ, 2010. - 36 с.

2. Практикум по материаловедению и технологии конструкционных материалов. Уфа: БГАУ, 2013. - 156 с.

3. Электротехнические и конструкционные материалы [Текст] : учеб. пособие для студ. образовательных учреждений среднего проф. образования, обуч. по спец. 1806 "Техническая эксплуатация, обслуживание и ремонт электрического и электромеханического оборудования (по отраслям)" / В. Н. Бородулин, А. С. Воробьев, В. М. Матюнин [и др.]. - М. : Мастерство : Высшая школа, 2001. - 277 с.

4. Горелик, С. С. Материаловедение полупроводников и диэлектриков [Текст] : учебник для студ вузов, обуч. по направлению подготовки бакалавров и магистров "Материаловедение и технология новых материалов" / С. С. Горелик, М. Я. Дашевский. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : МИСИС, 2003. - 480 с.

5. Оськин В.А., Евсиков В.В. Материаловедение. Технология конструкционных материалов. Кн. 1. – М.: КолосС, 2008. – 447 с.

6. Электронные ресурсы.

									Лис
									8
<i>Изм.</i>	<i>Лис</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпис</i>	<i>Дат</i>					

### 3.4 ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ

Номер варианта	Наименование изделия
1.	Ротор асинхронного электродвигателя
2.	Транзистор
3.	Конденсатор пленочный
4.	Диод
5.	Лампа накаливания
6.	Световой диод
7.	Бытовой выключатель
8.	Трансформатор сварочный
9.	Коллектор электродвигателя
10.	Розетка электрическая
11.	Пускатель
12.	Электроплита
13.	Резистор постоянный
14.	Сердечник магнето
15.	Кабель электрический
16.	Статор генератора
17.	Вольтметр стрелочный
18.	Резистор переменный
19.	Аккумулятор свинцовистый
20.	Статор асинхронного электродвигателя
21.	Кабель оптический
22.	Тиристор
23.	Амперметр стрелочный
24.	Гальванический элемент (батарея)
25.	Микрофон
26.	Наушник
27.	Щетки электродвигателя с корпусом
28.	Реле электрическое
29.	Ротор шагового электродвигателя
30.	Статор синхронного электродвигателя
31.	Динамик акустической аппаратуры
32.	Пленочный транзистор
33.	Контур заземления с крепежными элементами
34.	Молниеотвод с крепежными элементами

35.	Датчик Холла
36.	Рубильник электрический
37.	Магнитострикционный вибратор
38.	Магнитная головка
39.	Дроссель электрический
40.	Датчик для измерения низких температур
41.	Трансформатор для электроконтактной машины
42.	Высокочастотный трансформатор
43.	Инвертирующий трансформатор
44.	Ионистр
45.	Литий-ионный аккумулятор
46.	Ротор синхронного электродвигателя
47.	Индикаторная отвертка
48.	Плавкий предохранитель
49.	Плата электрическая с крепежными элементами
50.	Разъем электрический
51.	Элемент магнитной памяти
52.	Магнитный усилитель
53.	Провод с экранирующей обмоткой
54.	Магнитный сепаратор
55.	Кнопка включения\выключения
56.	Пьезодатчик
57.	Статор шагового электродвигателя
58.	Ротор генератора
59.	Датчик для измерения влажности
60.	Датчик для измерения температуры
61.	Датчик для измерения давления
62.	Микропроцессор
63.	Переменный конденсатор
64.	Антенна параболическая
65.	Электрическая муфельная печь
66.	Статор линейного электродвигателя
67.	Прожектор
68.	Омметр стрелочный
69.	Никель-металлогидридный аккумулятор
70.	Световой источник электрической энергии (солнечная батарея)
71.	Индуктивный датчик



72.	Лазерная указка
73.	Концевой выключатель
74.	Паяльник
75.	Счетчик электрической энергии
76.	Патрон электрический
77.	Цоколь лампы накаливания
78.	Экран плазменного телевизора
79.	Фильтр сетевой
80.	Варистор
81.	Конденсатор высоковольтный
82.	Световой диод высокой яркости
83.	Лазерная головка DVD
84.	Конденсатор электролитический
85.	Симистор
86.	Ротор линейного электродвигателя
87.	Резонатор керамический
88.	Резистор керамический
89.	Позистор
90.	Фотодиод
91.	Пьезоэлектрический преобразователь
92.	Конденсатор для переменного тока
93.	Диоды ИК-излучения (инфракрасного излучения)
94.	Конденсатор металлопленочный
95.	Устройство индикации
96.	Тахометр электрический
97.	Звукоизлучатели
98.	Стабилитрон

## **4 РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА № 4**

### **РАЗРАБОТКА ТОКАРНОЙ ОПЕРАЦИИ**

#### **4.1 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ**

##### **1 ЦЕЛЬ ВЫПОЛНЯЕМОЙ РАБОТЫ**

Ознакомится с последовательностью работы технолога механического цеха при разработке станочных операций. На примере токарной операции получить навыки разработки технологической документации для запуска детали в производство.

##### **2 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

В данной работе документация на токарную операцию разрабатывается для единичного или мелкосерийного изготовления деталей технологического оборудования в условиях ремонтного цеха предприятия. Поэтому предпочтение отдается использованию универсальных станков и приспособлений, стандартного мерительного и режущего инструмента. Заготовки применяются грубые, с большими припусками на механическую обработку.

##### **3 ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ РАБОТЫ ЦЕХОВОГО ТЕХНОЛОГА**

3.1 Анализ чертежа детали, формы поверхностей, технических требований по точности размеров, шероховатости поверхностей и точности их взаимного расположения, определение необходимости проведения предварительной и окончательной термической обработки, оценка обрабатываемости материала заготовки резанием. Составление технологического маршрута изготовления детали.

3.2 Определение содержания токарной операции и разработка чертежа токарной заготовки.

3.3 Обоснование выбора способа получения заготовки. Разработка эскизов литой заготовки, ковальной заготовки или заготовки из проката, расчет их основных размеров. Определение коэффициента использования металла.

3.4 Выбор станочного оборудования

3.5 Выбор черновых и чистовых баз, мест и способов закрепления заготовки.

3.6 Определение очередности обработки поверхностей.

3.7 Назначение операционных припусков и расчет межоперационных размеров.

3.8 Разработка операционных эскизов и составление текста переходов.

3.9 Подбор режущих инструментов.

3.10 Подбор мерительного инструмента.

3.11 Расчеты режимов резания и нормирование работ.

3.12 Заполнение бланка операционной карты.

#### 4 АНАЛИЗ ЧЕРТЕЖА ДЕТАЛИ

Вначале оцениваются формы наружных и внутренних поверхностей детали и определяются возможные способы их получения на металлорежущих станках (точением, сверлением, фрезерованием, строганием, долблением и т.п.). Это необходимо для составления предварительного технологического маршрута изготовления детали и выделения тех поверхностей, которые должны быть обработаны на токарном станке.

Оценка требований чертежа по точности размеров и шероховатости поверхностей позволяет уточнить технологический маршрут обработки, разделить этапы лезвийного и абразивного резания.

Указанные на чертеже твердость готовой детали и её материал позволяют определить место и способ термической обработки в технологическом маршруте. Если твердость готовой детали невысокая, то термообработку целесообразно проводить в начале технологического процесса для исходной заготовки или на этапе черновой обработки. При высокой твердости готовой детали термообработка должна быть проведена после этапа лезвийного резания, перед абразивной обработкой. Содержание углерода обрабатываемого материала определяет способ термической обработки. Стали средне и высоко углеродистые подвергаются закалке и последующему отпуску, малоуглеродистые – химико-термической обработке, цементации, азотированию и т.п.

Обрабатываемость резанием материала заготовки зависит от его механических свойств и химического состава, которые необходимо изучить по справочным данным. Хорошо обрабатываются стали среднеуглеродистые, нормализованные, (марки типа «сталь 45»). Высокоуглеродистые стали требуют больших усилий резания, но обработанная поверхность получается выше классом шероховатости. Стали малоуглеродистые, вязкие не позволяют получить качественную поверхность. Для улучшения обрабатываемости резанием вязкие стали рекомендуется нормализовать, высокопрочные стали отжигать.

Технологический маршрут представляется в виде упрощенной схемы, в которой дается обобщенное содержание операций (Приложения Б,В, рисунки Б2,В2).

#### 5 ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТОКАРНОЙ ОПЕРАЦИИ И РАЗРАБОТКА ЧЕРТЕЖА ТОКАРНОЙ ЗАГОТОВКИ

Для определения содержания токарной обработки необходимо отделить те поверхности, которые не могут быть получены на токарном станке. При токарной обработке можно образовать поверхности, расположенные на наружных, внутренних и торцевых сторонах тел вращения. Нарезаемые наружные и внутренние резьбы, внутренние отверстия должны быть сосны с осью вращения заготовки. Все остальные поверхности (квадратные и шестигранные головки, поперечные отверстия, шпоночные и шлицевые

канавки, зубья шестерен и др.) на чертеже *токарной* заготовки не показываются.

Наличие на *токарной* заготовке уступов указывает на необходимость применения подрезных резцов, канавок - канавочных, наличие резьб - плашек, метчиков или резьбонарезных резцов. Внутренние поверхности могут быть получены сверлением, зенкерованием, развертыванием или растачиванием. Выбор конкретного вида обработки и применяемого инструмента зависит от размеров детали и требуемой точности и шероховатости обработки.

Точность размеров, требования по шероховатости поверхностей указывают на необходимость проведения чистовых проходов или достаточно только черновой обработки. Точность размеров оценивается по номеру качества точности, а если он не указан, то его следует определить по величине допуска на размер по таблице «Числовые значения допусков» (Приложение А, таблица А12). Размеры без допускаемых отклонений считаются «свободными» и исполняются по грубым 12 ... 14 качествам точности.

Точность взаимного расположения поверхностей детали влияет на качество сборки и работоспособность узла и всего механизма. Если на чертеже детали нет указаний по этим параметрам, то в процессе изготовления детали необходимо обеспечить соосность шеек вала для установки подшипников, шестерен, шкивов, маховиков и т.п. Когда устанавливаемые на вал детали упираются в буртики, то их торцевые поверхности должны быть строго перпендикулярны по отношению к осям. Требуемая точность взаимного расположения поверхностей обеспечивается за счет правильного базирования, применения принципа постоянства баз, надежного закрепления заготовки, рационального назначения очередности обработки поверхностей, применения оптимальных режимов резания.

Чертеж *токарной* заготовки разрабатывается в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД. Рекомендуемый формат – А4, содержащий основную надпись (угловой штамп). Деталь изображается в положении, в котором она устанавливается на станке. Количество проекций, видов, разрезов и сечений минимальное при условии возможности прочтения чертежа. Количество размеров должно быть достаточным для изготовления и контроля детали. Каждый размер приводить на чертеже только один раз. Цепь линейных размеров не должна быть замкнутой. Проставлять размеры надо так, чтобы наиболее точный размер имел наименьшую накопленную ошибку при изготовлении детали. Осевые размеры рекомендуется располагать под изображением детали. Размеры, относящиеся к одному конструктивному элементу, следует группировать в одном месте. Для всех размеров, нанесенных на чертеж, должны быть указаны предельные отклонения. Для окончательно обработанных поверхностей допуски указываются по данным чертежа готовой детали. Если после *токарной* операции предусмотрены другие виды обработки (например, шлифование или притирка), то размеры проставляются с учетом операционных припусков (смотри раздел «Назначение операционных припусков и расчет межоперационных размеров»). Предельные отклонения свободных размеров назначаются по качествам от 12-го и грубее и

оговариваются общей записью в технических требованиях типа «неуказанные предельные отклонения  $h12; H12; \pm IT14/2$ ».

## 6 ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА СПОСОБА ПОЛУЧЕНИЯ ЗАГОТОВКИ. РАЗРАБОТКА ЭСКИЗОВ КОВАННОЙ ЗАГОТОВКИ И ЗАГОТОВКИ ИЗ ПРОКАТА, РАСЧЕТ ИХ ОСНОВНЫХ РАЗМЕРОВ

В машиностроении под заготовкой детали принято понимать полуфабрикат, поступающий на механическую обработку, в результате чего он превращается в годную для сборки готовую деталь.

Применяются следующие основные виды заготовок:

- а) отливки, получаемые литьём в песчаные или металлические формы, или заготовленные по выплавляемым моделям и другими способами формовки;
- б) поковки, получаемые свободной ковкой;
- в) поковки, получаемые горячей штамповкой или периодическим прокатом;
- г) заготовки, полученные высадкой из прутка;
- д) сортовой прокат (горячекатаный или калиброванный).

При выборе вида заготовки руководствуются следующими соображениями: обеспечить наименьший расход металла при изготовлении заготовок и при последующей их обработке на металлорежущих станках; обеспечить наименьшие затраты труда и средств на получение заготовок и на последующую их обработку на станках. Чем больше заготовки приближаются по форме и размерам к формам и размерам готовых деталей, тем меньше трудоёмкость механической обработки, тем механическая обработка проще и дешевле. Однако повышение точности изготовления заготовок связано с удорожанием процессов их получения. Только при больших программах выпуска окупается применение сложных машин и дорогостоящей оснастки в заготовительных цехах. В условиях мелкосерийного и ремонтного производства предприятий Агропрома, как правило, применяются грубые заготовки со значительными припусками на механическую обработку.

Большую роль в выборе вида заготовки играет материал детали. Заготовку детали из чугуна можно получить только литьём. А заготовку стальной детали можно получить и литьём, и ковкой. Но кованая заготовка будет дешевле, прочнее и, следовательно, экономичнее. Стальное литьё целесообразно использовать только для изготовления деталей сложной формы.

Размеры заготовки определяются с учётом припусков на механическую обработку. Существуют два основных метода расчёта размеров заготовки.

- 1 – по общему припуску;
- 2 - по сумме операционных припусков.

Первый метод самый простой, но наименее точный. Размер заготовки «Азаг» определяется прибавлением (для внутренних поверхностей – вычитанием) к размеру готовой детали «Адет» величины общего припуска «Z».

$$\text{Азаг} = (\text{Адет} \pm Z) \pm T \text{ Азаг}$$

Размер заготовки на чертеже указывается с допускаемыми отклонениями  $\pm T_{\text{Азаг}}$ .

Для отливок из серого чугуна и стали, поковок, получаемых свободной ковкой на прессах, для поковок, получаемых свободной ковкой на молотах, поковок, получаемых штамповкой, величины припусков указаны в соответствующих стандартах и справочных таблицах.

В этих же стандартах указаны величины допускаемых отклонений размеров заготовок.

Второй метод более точный. По этому методу размер заготовки определяется прибавлением (вычитанием) к размеру детали операционных припусков на соответствующую механическую обработку и «отрицательного» допуска на размер заготовки (Рисунки 1,2).

$$\text{Азаг} = \text{Адет} \pm Z_1 \pm Z_2 \pm Z_3 \pm [-T_{\text{Азаг}}],$$

где  $Z_1$ –припуск на окончательную обработку (шлифование, полирование, развёртывание и т.д.)

$Z_2$ –припуск на чистовую обработку (чистовое точение, фрезерование, зенкерование и т.д.)

$Z_3$ –припуск на черновую обработку (черновое точение, грубое фрезерование, рассверливание и т.д.)

$[-T_{\text{Азаг}}]$ –величина допускаемого отклонения размера заготовки «в тело» (допуск на заготовку).

Второй метод наиболее целесообразен при расчётах заготовок из стандартного проката.

При расчетах размеров заготовки по длине (ширине) детали учитываются припуски для каждого торца в отдельности с учетом обеспечения требуемой шероховатости и точности готовой детали (Рисунок 3).

$$\text{Взаг} = \text{Вдет} + Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_1 + Z_2 + Z_3 + T_{\text{Взаг}},$$

После выбора способа получения заготовки и расчёта её основных размеров приступают к разработке её чертежа.

Для этого на контуры детали (не принимая во внимание мелкие фаски, канавки, незначительные перепады диаметров и т.д.) «одевают» в условном масштабе требуемые припуски на обработку. Полученные контуры заготовки уточняют нанесением литейных или штамповочных уклонов и скруглений.

При расчётах заготовок из проката, например, для ступенчатого вала, расчёт размеров ведут только для наибольшего диаметра. По полученному расчетному размеру подбирают ближайший размер круглого проката по стандарту (Приложение А, таблица А11).

Чертёж заготовки оформляется на формате А4 или в виде эскиза в расчетно-пояснительной записке. Размеры указываются с допускаемыми отклонениями. Под размером заготовки в квадратных скобках записывается номинальный размер готовой детали. Контуры готовой детали обозначаются тонкими линиями.

В технических условиях на чертеже заготовки необходимо привести следующие данные:

- а) способ получения заготовки;

- б) вид её термообработки (если требуется);
- в) твёрдость (в состоянии поставки);
- г) вид очистки заготовки;
- д) величины уклонов и радиусов скруглений;
- е) допускаемые или не допускаемые дефекты.

После разработки чертежа заготовки необходимо определить

коэффициент использования металла:  $K = \frac{P_d}{P_3}$ ,

где  $P_d$  – вес готовой детали

$P_3$  – вес заготовки

## 7 ВЫБОР СТАНОЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

При выборе типа и модели оборудования следует руководствоваться следующими соображениями.

а) выбранный станок должен обеспечивать выполнение всех требований чертежа и технических условий на обработку детали на данной операции;

б) технические характеристики станка должны соответствовать размерам обрабатываемой детали. Для токарного станка необходимо сопоставить с габаритами заготовки межцентровое расстояние, диаметр отверстия шпинделя, высоту центров над станиной и поперечными салазками (Приложение А, таблица А27);

в) производительность и универсальность станка должны соответствовать типу производства: в единичном и мелкосерийном производстве предпочтение отдаётся универсальным токарно-винторезным станкам, в крупносерийном и массовом – специализированным, имеющим высокую производительность.

## 8 ВЫБОР ЧЕРНОВЫХ И ЧИСТОВЫХ БАЗ, МЕСТ И СПОСОБОВ ЗАКРЕПЛЕНИЯ ЗАГОТОВКИ

Одной из важнейших задач, решаемых при проектировании технологических процессов механической обработки, является выбор установочных баз – базовых поверхностей, по которым производится ориентирование, установка или крепление на станке детали. От точности базирования зависит успех обработки. Установочными базами могут быть необработанные поверхности – черновые базы и обработанные поверхности – чистовые базы.

Базирующие поверхности должны быть по возможности ровными и чистыми, точной формы и размеров. Если у детали обрабатываются не все поверхности, то за черновую базу следует принимать поверхности, остающиеся необработанными. Если у детали обрабатываются все поверхности, то в качестве черновой базы следует принимать ту поверхность, которая имеет наименьший припуск.

Черновые базы используются только один раз – в первой операции. В процессе первой операции рекомендуется обработать те поверхности, которые в последующих операциях будут использоваться как чистовые базы. В дальнейшем необходимо придерживаться принципа постоянства баз – для всех операций использовать преимущественно одни и те же установочные базы.

При подборе приспособления для установки и закрепления обрабатываемой детали следует, по возможности, использовать нормальные и стандартные приспособления: токарные самоцентрирующиеся патроны, четырех кулачковые не самоцентрирующиеся патроны, планшайбы, гладкие и вращающиеся центры и т.д. Выбор вида приспособления и его типоразмера обуславливается характером станочной обработки, конфигурацией и размерами деталей, местами расположения установочных баз и способов зажатия детали. Данные о приспособлении приводятся в справочниках.

В ряде случаев приходится планировать применение специальных приспособлений и вспомогательных инструментов. Так, для обработки деталей типа кольца и втулки используются гладкие, легкоконусные или разжимные цанговые оправки. В целях повышения производительности обработки на токарных станках устанавливаются специальные державки, позволяющие вести обработку несколькими резцами одновременно.

## 9 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОЧЕРЕДНОСТИ ОБРАБОТКИ ПОВЕРХНОСТЕЙ

В первую очередь обрабатываются поверхности, которые используются как базовые при дальнейшей обработке.

После обработки базовых поверхностей следует обработать поверхности, где снимается наибольший припуск. Желательно также раньше обрабатывать те поверхности деталей, где возможно выявление скрытого брака заготовки (раковины, расслоения и др.).

Последовательность для остальных поверхностей следует устанавливать в зависимости от заданной чертежом формы, точности и чистоты. Наиболее чистые и точные поверхности должны обрабатываться в последнюю очередь. Это уменьшает возможность повреждения обработанных поверхностей.

## 10 НАЗНАЧЕНИЕ ОПЕРАЦИОННЫХ ПРИПУСКОВ И РАСЧЕТ МЕЖОПЕРАЦИОННЫХ РАЗМЕРОВ

Межоперационные размеры рассчитывают для основных поверхностей и затем проставляют на операционных эскизах. Эти размеры показывают постепенное изменение размеров заготовки по всем этапам технологического процесса. Расчетные схемы для вычисления межоперационных размеров валов, отверстий и линейных размеров представлены на рисунках 1, 2 и 3).



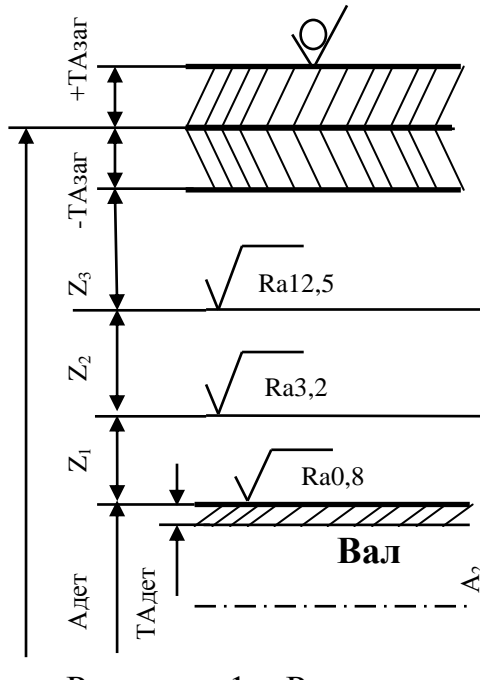


Рисунок 1. Расчетная схема для вычисления межоперационных размеров при обработке вала.

$A_{дет}$  – размер готовой детали  
 $A_{заг}$  – размер заготовки  
 $Z_1$  – припуск на окончательную обработку  
 $Z_2$  – припуск на чистовую обработку  
 $Z_3$  – припуск на черновую обработку  
 $A_1$  – размер после черновой обработки  
 $A_2$  – размер после чистовой обработки  
 $\pm TA_{дет}$  – допуск на размер готовой детали  
 $\pm TA_{заг}$  – допуски на размер заготовки

Размер вала после чистовой обработки перед окончательной «A2» вычисляется путем прибавления к максимальному размеру готовой детали припуска на окончательную обработку  $Z_1$

$$A_2 = A_{дет\ max} + Z_1$$

Размер после черновой обработки перед чистовой «A1» вычисляется путем прибавления к максимальному размеру готовой детали припуска на окончательную обработку  $Z_1$  и припуска на чистовую обработку  $Z_2$ .

$$A_1 = A_{дет\ max} + Z_1 + Z_2$$

При расчетах межоперационных размеров отверстия припуски вычитаются от минимального размера готовой детали.

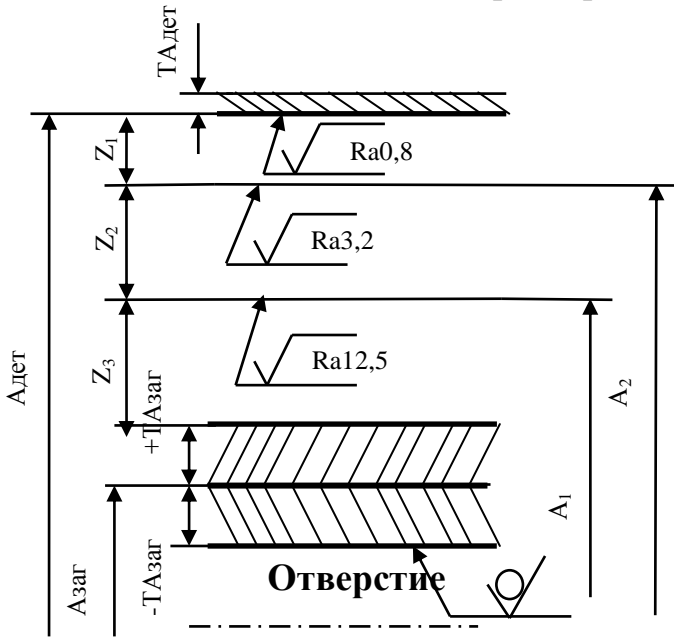


Рисунок 2. Расчетная схема для вычисления межоперационных размеров при обработке отверстия

$A_{дет}$  – размер отверстия готовой детали  
 $A_{заг}$  – размер отверстия заготовки  
 $Z_1$  – припуск на окончательную обработку  
 $Z_2$  – припуск на чистовую обработку  
 $Z_3$  – припуск на черновую обработку  
 $A_1$  – размер после чернового растачивания  
 $A_2$  – размер после чистового растачивания  
 $\pm TA_{дет}$  – допуск на размер готовой детали  
 $\pm TA_{заг}$  – допуски на размер отверстия заготовки

Размер отверстия после черного растачивания:

$$A1 = A_{\text{дет min}} - Z_1 - Z_2$$

Размер отверстия после чистового растачивания:

$$A2 = A_{\text{дет min}} - Z_1$$

Межоперационные размеры по длине (ширине) детали рассчитываются с учетом последовательности обработки торцевых поверхностей (рисунки 3,4).

При обработке крупногабаритных заготовок с большими припусками рекомендуется черновую и чистовую обработку проводить отдельно, перезакрепляя заготовку.

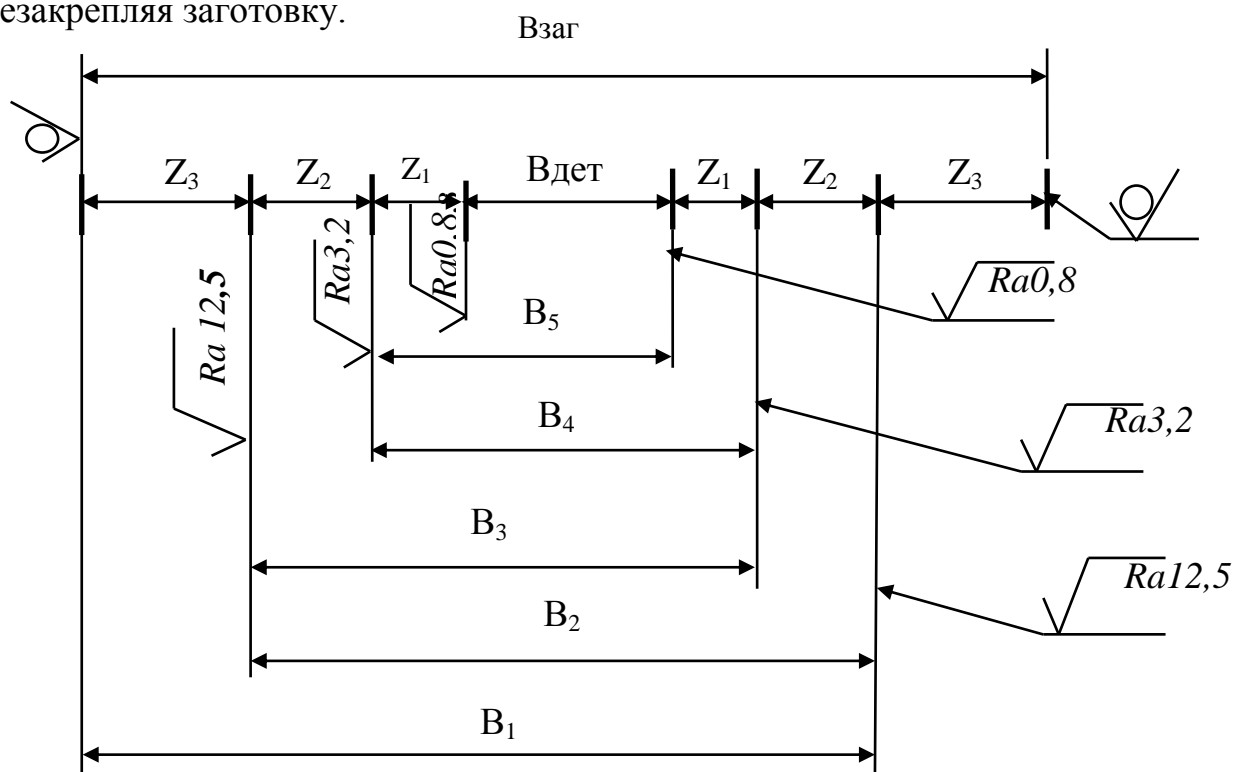


Рисунок 3. Расчетная схема для вычисления межоперационных размеров при обработке торцевых поверхностей, при разделении черновых и чистовых операций.

$V_{\text{дет}}$  – размер готовой детали;  $V_{\text{заг}}$  – размер заготовки;  $Z_1$  – припуск на окончательную обработку;  $Z_2$  – припуск на чистовую обработку;  $Z_3$  – припуск на черновую обработку;  $B_1$   $B_2$  – размеры после черновой обработки;  $B_3$   $B_4$  – размеры после чистовой обработки;  $B_5$  – размер после окончательной обработки одного торца.

Размер после черновой обработки одного торца:

$$B1 = V_{\text{дет}} + Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_1 + Z_2$$

Размер после черновой обработки второго торца:

$$B2 = V_{\text{дет}} + Z_1 + Z_2 + Z_1 + Z_2$$

Размер после черновой обработки обеих торцов и чистовой одного торца:

$$B3 = V_{\text{дет}} + Z_1 + Z_2 + Z_1$$

Размер после чистовой обработки второго торца:  $B4 = V_{\text{дет}} + Z_1 + Z_1$

Размер после шлифования одного торца:  $B5 = V_{\text{дет}} + Z_1$

После шлифования второго торца будет получен размер готовой детали  $B_{\text{дет}}$ .

При обработке небольших заготовок с небольшими припусками черновую и чистовую обработку можно проводить последовательно, без перезакрепления заготовки.

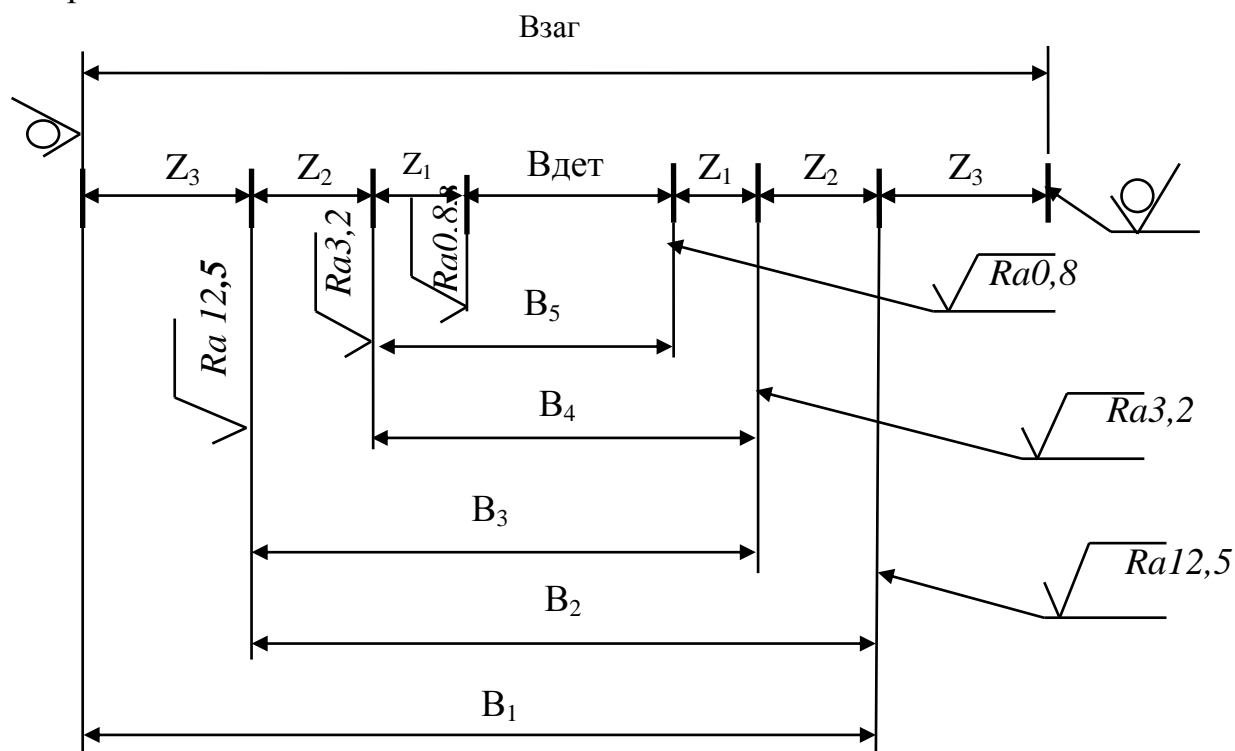


Рисунок 4. Расчетная схема для вычисления межоперационных размеров при обработке торцевых поверхностей при выполнении черновых и чистовых проходов за одну установку.

Вдет– размер готовой детали; Взаг– размер заготовки;  $Z_1$ – припуск на окончательную обработку;  $Z_2$ – припуск на чистовую обработку;  $Z_3$ – припуск на черновую обработку;  $B_1$   $B_2$ – размеры после черновой обработки;  $B_3$   $B_4$ – размеры после чистовой обработки;  $B_5$ – размер после окончательной обработки одного торца.

Размер после черновой обработки одного торца:

$$B_1 = B_{дет} + Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_1 + Z_2$$

Размер после чистовой обработки этого же торца:

$$B_2 = B_{дет} + Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_1$$

Размер после черновой обработки второго торца:

$$B_3 = B_{дет} + Z_1 + Z_2 + Z_1$$

Размер после чистовой обработки второго торца:  $B_4 = B_{дет} + Z_1 + Z_1$

Размер после шлифования одного торца:  $B_5 = B_{дет} + Z_1$

После шлифования второго торца будет получен размер готовой детали  $B_{дет}$ .

## 11 РАЗРАБОТКА ОПЕРАЦИОННЫХ ЭСКИЗОВ И СОСТАВЛЕНИЕ ТЕКСТА ПЕРЕХОДОВ

Операционные эскизы (Приложения Б,В. Раздел 9. Разработка операционных эскизов и составление текста переходов) разрабатываются для каждого закрепления (установа) детали. Каждому эскизу присваивается порядковый номер в пределах данной операции. Эскизы выполняются в произвольном масштабе с применением чертежных инструментов. На эскизе заготовка показывается в том виде и в том положении, как её видит рабочий на станке в конце обработки. Условными знаками показывается место и способ закрепления заготовки. Обрабатываемые поверхности обводятся толстыми линиями (2-3в). Размеры и требования по шероховатости проставляются только для мест обработки, т.е. те размеры и параметры шероховатости, за которые отвечает рабочий на данной операции. Если обработка данной поверхности окончательная, то величина допуска указывается по чертежу готовой детали. Все размеры нумеруются арабскими цифрами, проставленными в кружочках. Кружки устанавливаются на выносках размерных стрелок. Номера размеров на операционных эскизах проставляются по часовой стрелке. В пределах одной операции нумерация сквозная.

Тексты переходов (Приложения Б,В) записываются по порядку их выполнения, в повелительном тоне. Слова располагаются в следующем порядке: «действие» - «название поверхности» - «номера выполняемых размеров». Например: Расточить канавку 5 6 7. Вспомогательные переходы, не связанные со снятием стружки, обозначаются буквами, рабочие – цифрами. В пределах одной операции обозначение сквозное.

## 12 ПОДБОР РЕЖУЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ

В зависимости от формы и расположения обрабатываемой поверхности (рисунки 4, 5 и 6) применяются резцы проходные (рисунок 4, «4», «5», «6»), проходные упорные (рисунок 4, «1»), подрезные (рисунок 4, «2», «3»), расточные проходные (рисунок 5, «7»), расточные подрезные (рисунок 5, «8»), отрезные (рисунок 5, «10»), резьбонарезные (рисунок 5, «9», «11») и фасонные (рисунок 6).

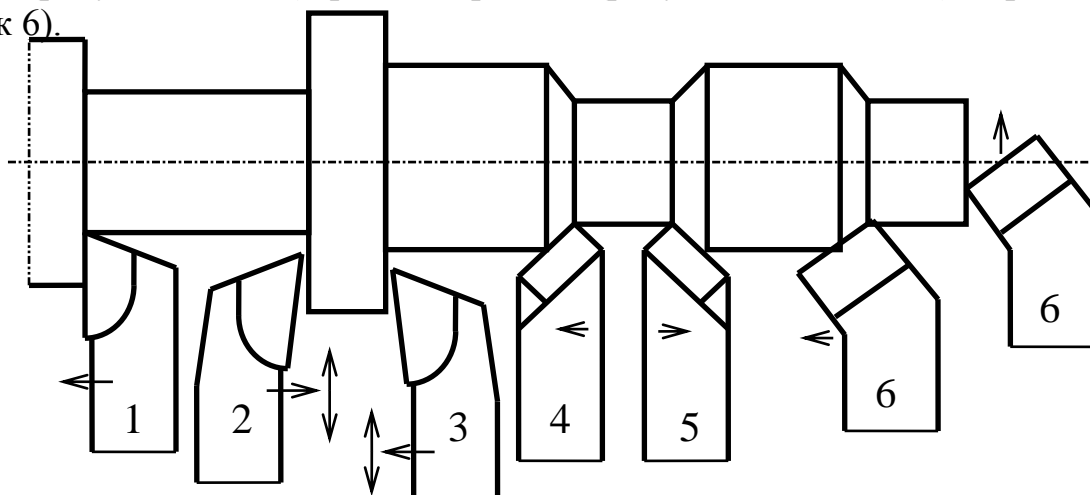


Рисунок 4. Обтачивание ступенчатого валика

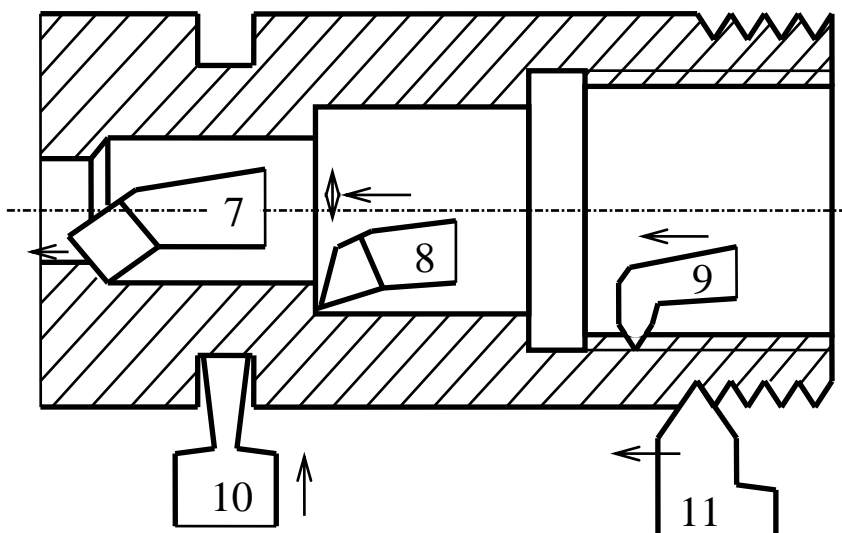


Рисунок 5. Обработка полой детали

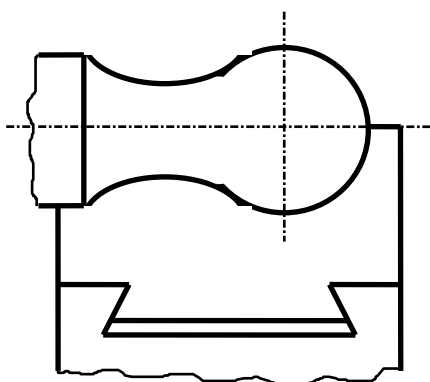
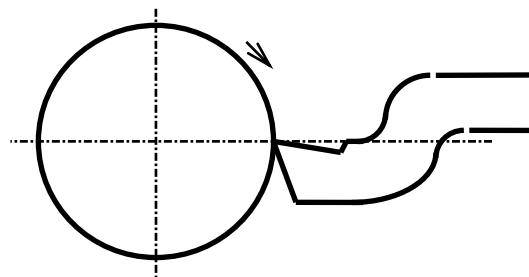
Рисунок 6. Резец  
фасонный,  
призматическийРисунок 7. Резец с изогнутой  
головкой

Таблица 1 Основные типы токарных резцов (по рисункам 4 и 5)

№	Название резца	Главный угол в плане	№	Название резца	Главный угол в плане
1	Прходной упорный, правый	$\varphi 90^0$	7	Расточной, проходной	$\varphi 45^0$
2	Подрезной, левый	$\varphi 95^0$	8	Расточной, подрезной	$\varphi 95^0$
3	Подрезной, правый	$\varphi 95^0$	9	Резьбонарезной, внутренний	$\varepsilon 60^0$
4	Прходной, прямой, правый	$\varphi 45^0$	10	Отрезной	$\varphi 90^0$
5	Прходной, прямой, левый	$\varphi 45^0$	11	Резьбонарезной	$\varepsilon 60^0$
6	Прходной, отогнутый, правый	$\varphi 45^0$			

По форме головки резцы подразделяются на прямые (рисунок 4, «1», «4», «5»), отогнутые (рисунок 4, «2», «3», «6»), изогнутые (рисунок 7) и оттянутые (рисунок 5, «10», «11»). Резцы с отогнутой головкой могут использоваться при точении на продольной и поперечной подачах. Изогнутая форма головки рекомендуется для тяжело нагруженных обдирочных резцов.

При выборе режущего инструмента предпочтение делается Гостированному и нормальному. Марка материала режущей части назначается в зависимости от материала обрабатываемой детали и характера обработки (черновая, чистовая и т.д.).

При изготовлении токарных резцов, как и других режущих инструментов, в основном применяются ниже перечисленные группы инструментальных материалов.

Инструментальные углеродистые стали марок У7, У7А, У8, У8А, У9, У9А имеют низкую теплостойкость ( $200^0 \dots 250^0 \text{C}$ ) и поэтому могут применяться для обработки материалов невысокой твердости – дерева и пластмасс.

Инструментальные легированные стали марок ХВ5, ХВГ, 9ХС и другие более прочные и износостойкие. Применяют их для изготовления фасонных резцов и при обработке материалов невысокой твердости.

Быстрорежущие стали марок Р9, Р18, Р6М5, Р9М4, 10Р6М5, Р9Ф5, Р14Ф4, Р9К10 выдерживают температуры в зоне резания до  $600^0 \text{C}$  и поэтому могут работать при более высоких скоростях резания, чем резцы, изготовленные из инструментальных углеродистых и легированных сталей.

Металлокерамические твердые сплавы получили наибольшее применение для изготовления токарных резцов, так как они имеют высокую твердость и теплостойкость (около  $900^0 \text{C}$ ). По своему составу они подразделяются на три группы: вольфрамо-кобальтовые (однокарбидные – карбид вольфрама) ВК3, ВК6, ВК8, ВК10; вольфрамо-титано-кобальтовые (двухкарбидные – карбиды титана и вольфрама) Т5К10, Т14К8, Т15К6, Т30К4; и вольфрамо-титано-тантало-кобальтовые (трехкарбидные – карбиды титана, тантала и вольфрама) ТТ7К12, ТТ8К6, ТТ20К9. Сплавы с большим содержанием кобальта (ВК8, Т5К10, ТТ7К12) рекомендуется применять на операциях черновой обработки грубых заготовок, а сплавы с меньшим содержанием кобальта (ВК3, Т30К4) – на операциях чистового точения, когда гарантируется безударная нагрузка. При обработке сталей предпочтение следует отдавать сплавам групп ТК и ТТК, чугунов – группы ВК.

Минералокерамические твердые сплавы изготавливают из оксидов алюминия  $\text{Al}_2\text{O}_3$  в форме разнообразных пластинок. Тепловая стойкость  $1200^0 \text{C}$ . Недостатком этого материала является низкая ударная вязкость, поэтому широкого применения они не получили.

В целях обеспечения высокой производительности преимущественно используются металлокерамические твердые сплавы.

Быстрорежущие стали имеют меньшую теплостойкость. Но они лучше затачиваются, менее восприимчивы к ударным нагрузкам. Из них изготавливают фасонные резцы, сверла, развертки и т.д.

### 13 ПОДБОР МЕРИТЕЛЬНОГО ИНСТРУМЕНТА

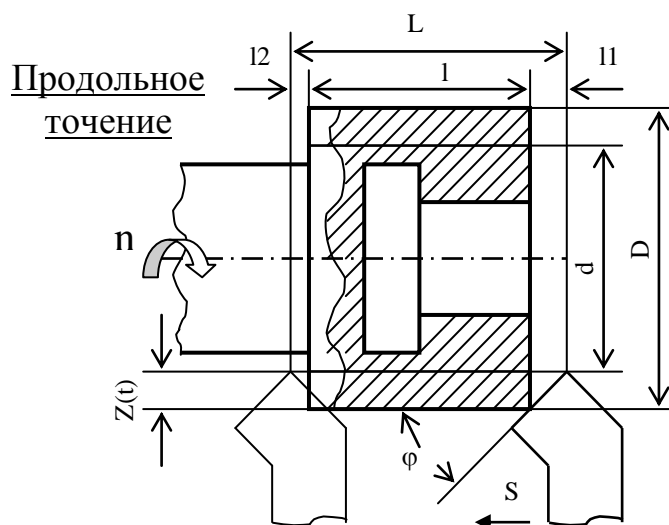
Выбор мерительного инструмента зависит от требуемой точности измерений, габаритов детали, формы и расположения измеряемых поверхностей. При токарной обработке преимущественно используют штангенциркули трех типов (ШЦ-1, ШЦ-2, ШЦ-3), угломеры (УН и УМ) и микрометры. Для контроля резьбы - шагомеры (шаблоны) и резьбовые калибры.

### 14 РАСЧЕТЫ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ И НОРМИРОВАНИЕ РАБОТ

Режимы резания назначаются в зависимости от условий обработки, к которым относятся: вид и характер обработки, обрабатываемый материал и состояние заготовки, материал режущего инструмента, его конструкция и геометрия, требуемые показатели качества детали, точность размеров и шероховатость поверхности.

Алгоритм расчетов:  $Z \rightarrow t, i \rightarrow S_T \rightarrow S_\phi \rightarrow V_T \rightarrow V_p \rightarrow n_p \rightarrow n_\phi \rightarrow T_o$

14.1 Определение величины общего припуска на обработку ( $Z$ ) производим в соответствии со схемами обработки, представленными на рисунке 8.



D	- диаметр заготовки, мм
d	- диаметр готовой детали, мм
z(t)	-припуск на сторону, (глубина резания), мм
l	-длина обрабатываемой поверхности, мм
l <sub>1</sub>	- путь врезания, мм

l <sub>2</sub>	перебег инструмента, мм
L	расчетная длина обрабатываемой поверхности, мм
n	частота вращения заготовки, об/мин
s	подача, мм/об
φ	главный угол в плане

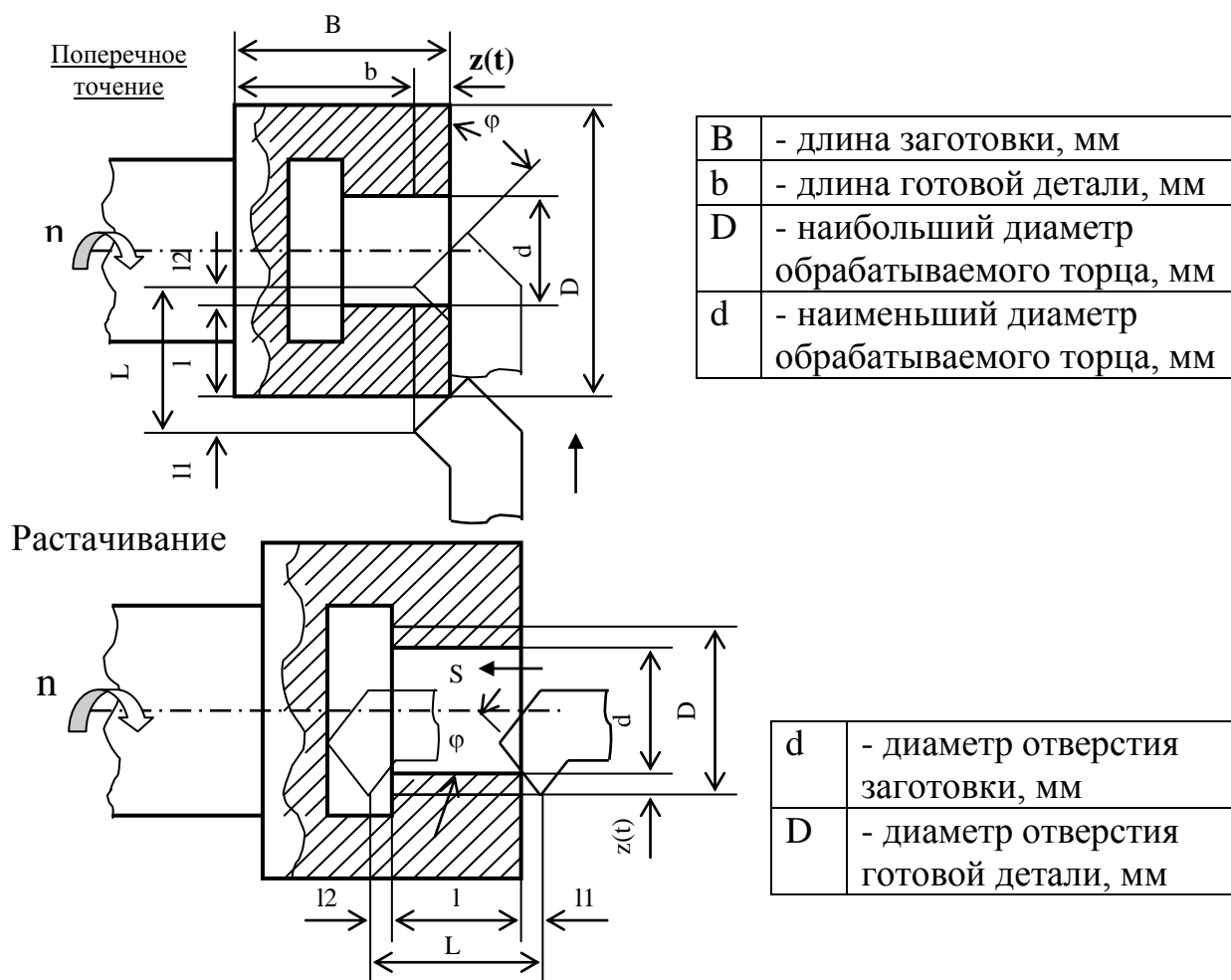


Рисунок 8 Схемы обработки наружных, торцевых и внутренних поверхностей

а) для наружных цилиндрических поверхностей (припуск на сторону)

$$z = (D_{\text{заг}} - d_{\text{дет}}) / 2 \text{ (мм)}$$

б) для торцевых поверхностей

$$z = L_{\text{заг}} - l_{\text{дет}} \text{ (мм)}$$

в) для внутренних цилиндрических поверхностей (припуск на сторону)

$$z = (D_{\text{дет}} - d_{\text{заг}}) / 2 \text{ (мм)}$$

14.2 При необходимости проводим распределение величины общего припуска для черновой ( $Z_3$ ) и чистовой ( $Z_2$ ) обработки (рисунки 1,2,3):

а) чистовой припуск ( $Z_2$ ) на сторону принимается по справочным таблицам (Приложение А, таблицы А6, А9);

б) черновой припуск ( $Z_3$ ) на сторону вычисляется

$$z_3 = z - z_2$$

Если деталь в дальнейшем должна шлифоваться, то выделяется припуск на шлифование ( $Z_1$ ) (Приложение А, таблицы А7, А10);

Тогда:  $z_3 = z - z_1 - z_2$

Для грубых поверхностей припуск на чистовую обработку не выделяется.

Тогда  $z_3 = z$

14.3 Выбор глубины резания "t" и числа прохода "i".



При чистовой обработке, как правило, припуск снимается за один проход, т.е.  $i=1$ ,  $t=Z_2$ .

При черновой обработке глубина резания берется максимальной, допустимой мощностью станка и жесткостью системы СПИД (станок - приспособление – инструмент - деталь). При работе на станке типа 16К20 (1А62) глубину резания “ $t$ ” рекомендуется брать не более 3...4 мм. Число черновых проходов определяется:

$$i = Z_3 / t$$

Полученное расчетное значение числа проходов округляется до большего целого числа.

#### 14.4 Выбор подачи "S".

При черновой обработке подача выбирается в зависимости от размеров державки резца и диаметра заготовки по таблице А13 (Приложение А). При чистовой обработке подача выбирается в зависимости от требуемого класса шероховатости и геометрии резца по таблице А14 (Приложение А). Выбранная по таблицам подача ( $S_t$ ) должна быть скорректирована по паспортным данным используемого станка ( $S_f$ ) (Приложение А, таблицы А24, А25);

#### 14.5 Выбор табличной скорости резания ( $V_T$ ).

Скорость резания выбирается в зависимости от ранее назначенных величин глубины резания и подачи по таблицам А15, А16, А17, А18 (Приложение А)

14.6 Определение поправочных коэффициентов на скорость резания ((Приложение А, таблицы А19, А20, А21, А22, А23);

$K_1$  – коэффициент, учитывающий стойкость резца. Для проходных резцов стойкость рекомендуется брать в интервале 30...90 мин, отрезных, фасонных 60...180 мин.

$K_2$  – коэффициент, учитывающий механические свойства обрабатываемого материала в момент точения.

$K_3$ - коэффициент, учитывающий состояние обрабатываемой поверхности. Отливки в земляную форму имеют загрязненную корку, поковки и штамповки – корку из наклепанного металла.

$K_4$  – коэффициент, учитывающий марку материала резца. Марка резца выбирается в зависимости от условий работы (точение чугуна, стали, черновое или чистовое точение, нагрузка ударная или безударная).

$K_5$  – коэффициент, учитывающий величину главного угла в плане “ $\varphi$ ”. При точении открытых поверхностей на проход рекомендуется применять  $\varphi = 45^\circ$ . При обточке ступенчатых поверхностей  $\varphi = 90^\circ$ .

#### 14.7 Определение расчетной скорости резания

$$V_p = V_T * K_1 * K_2 * K_3 * K_4 * K_5 \text{ м/мин}$$

#### 14.8 Вычисление расчетного числа оборотов шпинделя ( $n_p$ )

$$n_p = \frac{1000 * V_p}{3,14 * D}; \text{ об / мин}$$

где:  $D$  – диаметр обрабатываемой заготовки.

#### 14.9 Корректировка числа оборотов шпинделя по станку.

По паспортным характеристикам токарного станка (Приложение А, таблицы А24, А25); подбирается ближайшее число оборотов шпинделя ( $n_{\phi}$ ) при условии:

$$n_{\phi} \leq 1,05 n_p$$

14.10 Определение фактической скорости резания ( $V_{\phi}$ )

$$V_{\phi} = \frac{3,14 * D * n_{\phi}}{1000}; м / мин$$

14.11 Определение основного технологического времени ( $T_o$ )

$$T_o = \frac{L * i}{n * s}; мин$$

где:  $L$  – расчетная длина обработки,

$$L = l_1 + l + l_2 ;$$

где:  $l_1 = t * ctg \varphi$  - путь врезания,

$l$  – длина обрабатываемого участка детали,

$l_2 = 0,5 \dots 2,0$  - перебеги инструмента

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. В.А. Оськин, В.В. Евсиков Материаловедение. Технология конструкционных материалов. Кн. 1. – М.: КолосС, 2007. – 447 с.
2. Материаловедение. Технология конструкционных материалов. Кн. 2. [В.Ф. Карпенков и др.]. – М.: КолосС, 2006. – 312 с.

**ПРИЛОЖЕНИЕ А**  
Справочные таблицы

Таблица А1. Шероховатость поверхности и качества точности при различных видах обработки деталей резанием

Вид обработки		Шероховатость Ra	Квалитеты	
			Экономич.	Достижим.
Отрезка на станках	мех. пилой	25...100	15...17	-
	резцом, фрез.	25...50	14...17	-
Подр. торцев	резцом	3,2...12,5	11...13	9
Строгание	черновое	12,5...25	12...14	-
	чистовое	3,2...6,3	11...13	10
Долбление	черновое	25...50	14,15	-
	чистовое	3,2...12,5	12,13	11
Фрезерован. цилиндрич.	черновое	25...50	12...14	11
	чистовое	3,2...6,3	11	10
Фрезерован. торцевое	черновое	6,3...12,5	12...14	11
	чистовое	3,2...6,3	11	10
Обтачивание прод. подач.	черновое	12,5...25	12...14	-
	чистовое	1,6...3,2	8,9	7
Обтачивание попер.подач.	черновое	12,5...25	14,15	-
	чистовое	3,2	11...13	9
Растачивание	черновое	12,5...25	12...14	-
	чистовое	1,6...3,2	8,9	7
Сверление	до 15 мм	6,3...25	12...14	10...11
	св. 15 мм	12,5...25	12...14	-
Зенкерование	черновое	12,5...25	12...14	-
	чистовое	3,2...6,3	10...11	9
Развертывание	получистов.	6,3...12,5	9,10	8
	чистовое	1,6...3,2	7,8	-
Протягивание	получист.	6,3	8,9	-
	чистовое	1,25...3,2	7,8	-
Шлифование круглое	получистов.	3,2...6,3	8...11	-
	чистовое	0,8...1,6	6...8	-
Шлифование плоское	получистов.	3,2	8...1	-
	чистовое	0,8...1,6	6...8	-
Притирка	чистовая	0,4...3,2	6...7	-
	тонкая	0,1...1,6	5	-
Полирование	обычное	0,2...1,6	6	-
	тонкое	0,05...0,1	5	-
Хонингован.	цилиндрич.	0,05...0,2	7	6
Суперфиниш.	цилиндрич.	0,1...0,4	5	-
Шабрение	грубое	1,6...6,3	11	-
	тонкое	0,4...0,8	8,9	6,7

Таблица А2 Припуски и допуски на стальные литые заготовки

Наибольший габаритный размер детали, мм	Положение поверхности	Номинальный размер, мм				
		До 50	50-120	120-250	250-500	500-800
1	2	3	4	5	6	7
до 120	Верх	4±0,5	4±0,8			
	низ,бок	4±0,5	4±0,8			
Св.120 до 250	Верх	5±0,5	5±0,8	6±1,0		
	низ,бок	4±0,5	4±0,8	4±1,0		
Св.250 до 500	Верх	6±0,8	6±1,0	7±1,2	7±1,5	
	низ,бок	5±0,8	5±1,0	5±1,2	6±1,5	
Св.500 до 800	Верх	7±1,0	7±1,2	8±1,5	9±2,0	10±2,5
	низ,бок	5±1,0	5±1,2	6±1,5	6±2,0	7±2,5
Св.800 до 1250	Верх	8±1,0	8±1,5	9±1,5	10±2,0	10±2,5
	низ,бок	6±1,0	6±1,5	7±1,5	7±2,0	8±2,5

Таблица А3 Припуски и допуски на литые заготовки из серого чугуна

Наибольший габаритный размер детали, мм	Положение поверхности	Номинальный размер, мм				
		До 50	50-120	120-250	250-500	500-800
до 120	Верх	3,5±0,5	4,0±0,8			
	низ,бок	2,5±0,5	3,0±0,8			
Св.120 до 250	Верх	4,0±0,5	4,5±0,8	5,0±1,0		
	низ,бок	3,0±0,5	3,5±0,8	4,0±1,0		
Св.250 до 500	Верх	4,5±0,8	5,0±1,0	6,0±1,2	6,5±1,5	
	низ,бок	3,5±0,8	4,0±1,0	4,5±1,2	5,0±1,5	
Св.500 до 800	Верх	5,0±1,0	6,0±1,2	6,5±1,5	7,0±2,0	7,5±2,5
	низ,бок	4,0±1,0	4,5±1,2	4,5±1,5	5,0±2,0	5,5±2,5
Св.800 до 1250	Верх	6,0±1,0	7,0±1,5	7,0±1,5	7,5±2,0	8,0±2,5
	низ,бок	4,0±1,0	5,0±1,5	5,0±1,5	5,5±2,0	5,5±2,5

Таблица А4 Припуски и допуски на поковки

Диаметр или ширина детали, мм	Размер детали под припуск	Высота детали, мм					
		До 50	50-65	65-80	80-100	100- 125	125- 180
до 50	Высота	6±2	6±2	7±2			
	Диам., ширина	6±2	6±2	7±2			
50...80	Высота	6±2	7±2	8±2	9±2	9±2	
	Диам., ширина	7±2	7±2	8±2	9±2	9±2	
80...100	Высота	7±2	8±2	8±2	9±2	10±2	11±2
	Диам., ширина	8±2	8±2	9±2	10±2	10±2	11±3
	Отверст	14±2	15±2	15±2	16±2	16±2	17±3
100...150	Высота	7±2	8±2	8±2	9±2	10±2	11±3
	Диам., ширина	9±2	9±2	10±2	11±2	11±2	12±4
	Отверст	15±2	16±2	16±2	17±2	17±2	18±4

Таблица А5 Припуски на черновое обтачивание валов из проката, мм

Диаметр детали	Длина вала				
	до 100	100...400	400...800	800..1200	1200...160
8...18	3,0	3,0	4,0	-	-
18...30	3,5	3,5	4	4,5	5
30...50	4	4,5	5	5,5	6
50...80	4	4,5	5,5	6	6,5
80...120	5,5	6	7	7,5	8,5
120...200	6	7	7,5	8,5	9

Таблица А6 Припуски на чистовое обтачивание валов , мм

Диаметр детали	Длина вала				
	до 100	100...400	400...800	800..1200	1200...160
8...18	1,2	1,5	1,5	-	-
18...30	1,5	1,5	2	2	2,5
30...50	1,5	1,5	2,	2	2,5
50...80	2	2	2	2,5	3
80...120	2	2	2,5	2,5	3
120...200	2	2,5	2,5	3	3

Таблица А7 Припуски на центровое шлифование сырых валов, мм

Диаметр детали	Длина вала				
	до 100	100...250	250...500	500...800	800...1200
до 10	0,2	0,3	0,3	0,4	-
10...18	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5
18...30	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6
30...50	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6
50...80	0,4	0,4	0,5	0,6	0,7
80...120	0,5	0,6	0,6	0,7	0,7
120...180	0,5	0,6	0,6	0,7	0,8

Примечание: для закаливаемых валов припуск увеличивается на 0,1...0,3 мм

Таблица А8 Припуски по длине на различные виды резки, мм

Диаметр заготовки	Ширина резки			Припуск на подрезку 1 торца
	Пилой	Фрезой	резцом	
20	2,5	2	3	1
30	2,5	2	3,5	1,5
45	2,5	2	4	1,5
75	2,5	2	4	1,5
100	2,5	3	5	2
150	2,5	3	6	2

Таблица А9 Припуски на чистовое подрезание торцев и уступов, мм

Диаметр заготовки	Длина вала				
	до 18	18...50	50...120	120...260	260...500
до...30	0,4	0,5	0,7	0,8	1
30...50	0,5	0,6	0,7	0,8	1
50...120	0,6	0,7	0,8	1	1,2
120...250	0,7	0,8	1	1	1,2
свыше 250	0,8	0,9	1	1,2	1,4

Таблица А10 Припуски на шлифование торцев после чистовой подрезки, мм

Диаметр торца	Длина вала				
	до 30	30...50	50...80	80...120	120...180
до...30	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3
30...120	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4
120...150	0,3	0,3	0,4	0,5	0,5

Таблица А11 Размеры и предельные отклонения проката, горячекатанная сталь.

Круглая									Шестигранная						Допуск	
															+	-
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
5	5,5	6	6,3	6,5	7	8	9	10	8	9	10	11	12	13	0,3	0,5
11	12	13	14	15	16	17	18	19	14	15	16	17	18	19	0,3	0,5
20	21	22	23	24	25				20	21	22	23	24	25	0,4	0,5
26	27	28	29	30	31	32	33	34	26	28	30	32	34	36	0,4	0,7
35	36	37	38	39	40	41	42	43	38	40	42	46	48		0,4	0,7
44	45	46	47	48											0,4	0,7
50	52	53	54	55	56	58			50	52	55				0,4	1,0
60	62	63	65	67	68	70	72	75	60	63	65	70	75		0,5	1,1
78															0,5	1,1
80	82	86	90	96					80	85	90	95			0,5	1,3
100	105	110	115						100						0,6	1,7
120	125	130	135	140	150										0,8	2,0
160	170	180	190	200											0,8	2,5
210	220	230	240	250											1,2	3,0

Таблица А12 Числовые значения допусков ГОСТ 25346 - 89

Интервалы размеров, мм	Значения допусков для квалитетов, мкм														
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
До 3				0	4	5	0	0	00	40	1	2	4	6	1
Св. 3 до 6	4	5	8	12	18	30	48	75	120	180	300	480	750	1200	
Св. 6 до 10	4	6	9	15	22	36	58	90	150	220	360	580	900	1500	
Св. 10 до 18	5	8	11	18	27	43	70	110	180	270	430	700	1100	1800	
Св.18 до 30	6	9	13	21	33	52	84	130	210	330	520	840	1300	2100	
Св.30 до 50	7	11	16	25	39	62	100	160	250	390	620	1000	1600	2500	
Св.50 до 80	8	13	19	30	46	74	120	190	300	460	740	1200	1900	3000	
Св.80 до 120	10	15	22	35	54	87	140	220	350	540	870	1400	2200	3500	
Св.120 до 180	12	18	25	40	63	100	160	250	400	630	1000	1600	2500	4000	
Св.180 до 250	14	20	29	46	72	115	185	290	460	720	1150	1850	2900	4600	
Св.250 до 315	16	23	32	52	81	130	210	320	520	810	1300	2100	3200	5200	
Св.315 до 400	18	25	36	57	89	140	230	360	570	830	1400	2300	3600	5700	
Св.400 до 500	20	27	40	63	97	155	250	400	630	970	1550	2500	4000	6300	

Таблица А13 Подачи при черновом обтачивании стали твердосплавными резцами, мм/об

Размеры державки резца, мм	Диаметр детали, не менее, мм	Глубина резания, не более,, мм		
		3	5	8
16x25	40	0,4-0,5	0,3-0,4	—
	60	0,5-0,7	0,4-0,6	0,3-0,5
	100	0,6-0,9	0,5-0,7	0,5-0,6
	400	0,8-1,2	0,7-1	0,6-0,8
20x30	40	0,4-0,5	0,3-0,4	—
	60	0,6-0,7	0,5-0,7	0,4-0,6
25x25	100	0,8-1	0,8-1	0,7-0,9
	400	1,2-1,4	1-1,2	0,8-1

Примечание: При работе с ударными нагрузками вводить поправочный коэффициент 0,75



Таблица А14 Поддачи при чистовом обтачивании, мм/об

Шероховатость поверхности Ra	Обрабатываемый материал	Радиус при вершине резца, мм		
		0,5	1	2
6,3	Сталь	0,4-0,55	0,55-0,65	0,65-0,7
	Чугун и медные сплавы	0,25-0,4	0,4-0,5	0,5
3,2	Сталь	0,2-0,3	0,3-0,45	0,35-0,5
	Чугун и медные сплавы	0,15-0,25	0,2-0,4	0,35-0,5
1,6	Сталь	0,11-0,18	0,14-0,24	0,18-0,32
	Чугун и медные сплавы	0,1-0,15	0,12-0,2	0,2-0,35

Примечание: При обработке стали на величину поддачи вводить поправочные коэффициенты:

при $V \leq 50$ м/мин	$K_1 = 0,8$	при $\sigma_B < 500$ МПа	$K_2 = 0,7$
$V = 50-100$ м/мин	$K_1 = 1$	$\sigma_B = 500-700$ МПа	$K_2 = 0,75$
$V > 100$ м/мин	$K_1 = 1,2$	$\sigma_B = 700-900$ МПа	$K_2 = 1$
		$\sigma_B = 900-1100$ МПа	$K_2 = 1,25$

Таблица А15 Скорость резания (м/мин) при черновом обтачивании сталей,  $\sigma_B = 750$  МПа, Т15К6,  $\varphi = 45^\circ$ 

Глубина резания, мм	Поддача, мм/об					
	0,3	0,5	0,6	0,8	1	1,2
3	198	166	157	140	127	—
4	190	160	150	134	122	117
6	178	150	141	126	113	112

Таблица А16 Скорость резания (м/мин) при чистовом обтачивании сталей,  $\sigma_B = 750$  МПа, Т15К6,  $\varphi = 45^\circ$ 

Глубина резания, мм	Поддача, мм/об					
	0,75	0,2	0,3	0,4	0,6	0,8
1	270	235	222	—	—	—
1,5	253	220	200	199	—	—
2	244	211	199	191	176	166

Таблица А17 Скорость резания (м/мин) при черновом обтачивании серого чугуна, ВК6,  $\varphi = 45^\circ$ 

Глубина резания, мм	Поддача, мм/об					
	0,3	0,5	0,6	0,8	1	1,2
3	138	121	111	100	91	—
4	132	115	107	95	87	80
6	124	109	100	89	82	76
8	—	104	96	86	78	73

Таблица А18 Скорость резания (м/мин) при чистовом обтачивании серого чугуна, ВК6,  $\varphi=45^\circ$

Глубина резания, мм	Подача, мм/об					
	0,15	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
1	167	176	162	–	–	–
1,5	175	165	154	144	–	–
2	168	158	145	138	127	118

Таблица А19 Поправочный коэффициент на скорость резания  $K_1$ , учитывающий стойкость резца (Т)

Т, мин	30	45	60	90	120	180
$K_1$	1,15	1,06	1	0,92	0,87	0,8

Таблица А20. Поправочный коэффициент на скорость резания  $K_2$ , учитывающий свойства обрабатываемого материала.

Сталь	$\sigma_B$ МПа	400-500	500-600	600-700	700-800	800-900	900-1000
		$K_2$	1,85	1,35	1,15	1	0,88
Чугун	НВ	120-140	140-160	160-180	180-200	200-220	220-250
	$K_2$	1,6	1,34	1,15	1	0,88	0,77

Таблица А21 Поправочный коэффициент на скорость резания  $K_3$ , учитывающий состояние обрабатываемой поверхности.

Состояние поверхности заготовки	Без корки	С коркой	С загрязненной коркой
$K_3$	1	0,7-0,9	0,5-0,6

Таблица А22 Поправочный коэффициент на скорость резания  $K_4$ , учитывающий марку материала резца.

Обработка стали	марка	T30K4	T15K6T	T15K6	T14KB	T5K10
		$K_4$	1,4	1,15	1	0,8
Обработка чугуна	марка	BK2	BK3	BK6	BK8	-
	$K_4$	1,25	1,15	1	0,83	-

Таблица А23 Поправочный коэффициент на скорость резания  $K_5$ , учитывающий величину главного угла в плане.

Обработка стали	$\varphi$	$30^\circ$	$45^\circ$	$60^\circ$	$75^\circ$	$90^\circ$
		$K_5$	1,13	1	0,92	0,86
Обработка чугуна	$\varphi$	$30^\circ$	$45^\circ$	$60^\circ$	$75^\circ$	$90^\circ$
	$K_5$	1,2	1	0,88	0,83	0,73

Таблица А24 Обороты шпинделя и подачи станка модели 16К20

Обороты шпинделя, мин <sup>-1</sup>				Подачи, мм/об			
12,5	50	200	500	0,05	0,06	0,075	0,09
16	63	250	630	0,1	0,125	0,15	0,175
20	80	315	800	0,2	0,25	0,3	0,35
25	100	400	1000	0,4	0,5	0,6	0,7
31,5	125	500	1250	0,8	1,0	1,2	1,4
40	160	630	1600	1,6	2,0	2,4	2,8

Таблица А25 Обороты шпинделя и подачи станка модели 1А62

Обороты шпинделя, мин <sup>-1</sup>											
12,5	15	19	24	30	38	46	58	76	96	120	150
185	230	305	370	380	460	480	600	610	765	955	1200
Подачи продольные, мм/об											
0,08	0,09	0,10	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16	0,18	0,20	0,23
0,24	0,25	0,28	0,30	0,33	0,35	0,40	0,45	0,48	0,50	0,55	0,60
0,65	0,71	0,80	0,91	0,96	1,00	1,11	1,21	1,28	1,46	1,59	
Подачи поперечные, мм/об											
0,027	0,029	0,033	0,032	0,040	0,042	0,046	0,050	0,054	0,058	0,067	0,075
0,079	0,084	0,092	0,10	0,11	0,12	0,13	0,15	0,16	0,17	0,18	0,20
0,22	0,24	0,27	0,30	0,32	0,35	0,37	0,40	0,44	0,48	0,52	

Таблица А26 Обороты шпинделя и подачи станка модели 1У61

Обороты шпинделя, мин <sup>-1</sup>								
25	40	50	63	80	100	125	160	200
250	315	400	500	630	800	1000	1250	2000
Подачи продольные, мм/об								
0,03	0,04	0,06	0,085	0,115	0,165	0,245	0,335	0,48
0,06	0,08	0,12	0,17	0,23	0,33	0,49	-	-
Подачи поперечные, мм/об								
0,012	0,016	0,022	0,032	0,043	0,062	0,092	0,124	0,18
0,024	0,032	0,044	0,064	0,086	0,124	0,184	-	-

Таблица А27 Технические характеристики станков токарной группы  
размеры, мм

Параметры	Модель станка					
	16Б16А	16К20	16К25	1М63	16К50	1А670
Наибольший диаметр обр. заготов:						
над станиной	320	400	500	630	1000	2000
над суппортом	180	220	290	350	600	1600
Наиб. диаметр прутка, проход. через отв. шпинделя	36	53	53	65	100	-
Наибольшая длина обрабатываемой заготовки	750	710; 1000; 1400	710 1000 1400	2800	-	10000
Частота вращения шпинделя, об/мин	20 - 2000	12,5 - 1600	12,5 - 1600	10 - 1200	2,5 - 500	1 - 125
Число скоростей шпинделя	21	22	22	22	24	Б/с
Подача суппорта:						
продольная, мм/об	0,01-0,7	0,05-2,8	0,05- 2,8	0,06- 1,0	0,08- 27,9	0,04- 84,7
поперечная, мм/об	0,005 - 0,35	0,025 - 1,4	0,025 - 1,4	0,024 - 3,1	0,04 - 13,95	0,02 - 42,4
Мощность электродвигателя главного привода, кВт	4,6	11	11	15	22	100
Масса, кг	2100	2835 - 3685	2925 - 3775	5620	11900	120000

## 4.2 ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЯ ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Пример разработки токарной операции изготовления детали типа «Вал»

1 Чертеж детали (оформляется на формате А4 в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД).

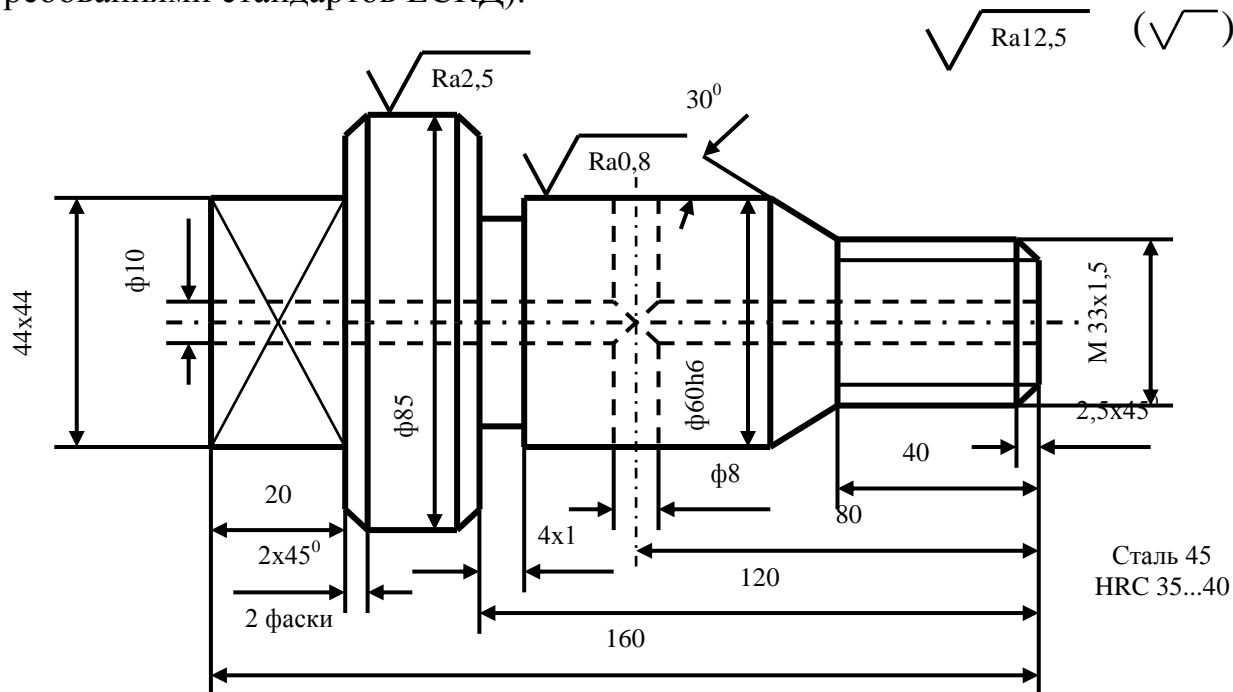


Рисунок Б1 Опорная ось

### 2. Анализ чертежа детали

Деталь имеет форму ступенчатого вала. На левом конце расположена квадратная головка под ключ 44x44, на правом – резьба М33x1,5. В средней части посадочная шейка диаметром 60мм и опорный бурт диаметром 85мм. Перед опорным буртом технологическая канавка 4x1, по оси детали проходит сквозное отверстие  $\phi 10$ мм, в средней части поперечное сквозное отверстие диаметром 8мм. Переходная поверхность между резьбовой частью и шейкой  $\phi 60$  имеет форму конуса с углом  $30^\circ$ .

Торцевые поверхности детали и наружная поверхность могут быть получены обтачиванием на токарном станке. Внутренне отверстие можно получить сверлением так же на токарном станке. Резьбу можно нарезать резьбонарезным резцом для наружных резьб. Сквозное поперечное отверстие  $\phi 8$ мм можно получить на вертикально-сверлильном станке, квадратная головка на левом торце - фрезерованием концевой фрезой на вертикально-фрезерном станке с применением делительной головки.

Точность размеров и шероховатость поверхностей обеспечивается соответствующими (Приложение А, таблица А1) видами обработки:

Наружная поверхность  $\phi 85$ h8,  $Ra 2,5$  – чистовое продольное точение после чернового.

Шейка размером 60h6, Ra0,8 – шлифование после черного и чистового продольного точения.

Для остальных поверхностей точность размеров не оговаривается, шероховатость Ra12,5 – черновое точение.

Материал детали – сталь 45. Это конструкционная сталь, относится к группе «термически улучшаемые».

Механические свойства материала:  $\sigma_{вр} = 610\text{МПа}$ ,  $\sigma_{т} = 360\text{МПа}$ ,  $\delta = 16\%$ ,  $\psi = 40\%$ .

Химический состав: C = 0,42...0,48%

Сталь хорошо обрабатывается резанием. Для обеспечения твердости HRC 35...40 необходимо провести термическую обработку: закалку в масле и низкий отпуск. Термическая обработка должна проводиться после этапа лезвийного резания - точения, сверления, фрезерования, перед абразивной обработкой - шлифованием.

На основании проделанного анализа чертежа детали составляем предварительный технологический маршрут (рисунок Б2).

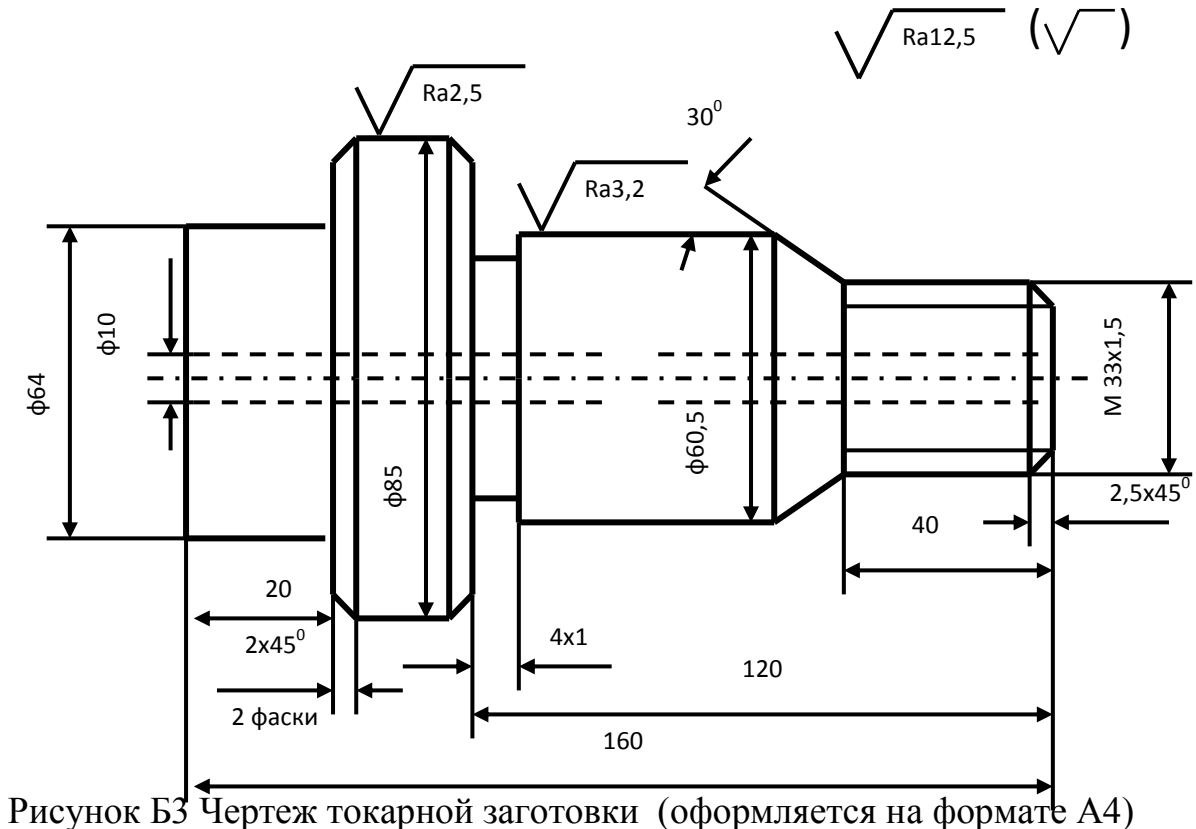


Рисунок Б2 Технологический маршрут изготовления детали «Опорная ось»

### 3. Содержание токарной операции и разработка чертежа для токарной обработки (токарная заготовка).

При токарной обработке невозможно получить квадратную головку под ключ. Данная поверхность при токарной обработке должна получить цилиндрическую форму с диаметром, превышающим диагональ квадрата

44x44. По теореме Пифагора вычисляем размер диагонали и получаем 63,36мм. Принимаем 64мм. Удаляем поперечное отверстие диаметром 8мм. Шейка размером 60h6, Ra0,8 будет шлифоваться. Поэтому оставляем припуск на шлифование и на чертеже указываем размер 60,5. Расчет приведен в разделе «Назначение операционных припусков и расчет межоперационных размеров». Остальные поверхности и их размеры оставляем без изменений (рисунок Б3).



#### 4 Выбор способа получения заготовки и расчет её размеров

Для условий ремонтных мастерских предприятия наиболее доступными видами заготовок являются поковки, полученные методом свободной ковки и горячекатаный прокат.

Вариант 1. Заготовка – прокат.

Заготовка из проката имеет самую простую форму – цилиндр, в контуры которого должны вписываться, с учетом припусков на обработку, контуры изготавливаемой детали.

Размеры проката определяем по двум наибольшим размерам детали: наружному диаметру и длине.

Наибольший размер по диаметру -  $\phi 85h8$ , шероховатость Ra2,5. Поверхность будет обтачиваться начисто после черного точения (Приложение А, таблица А1). Необходимо учитывать припуски на два вида обработки.

$$A_{\text{заг}} = A_{\text{дет}} + Z_1 + Z_2 + Z_3 + [-T A_{\text{заг}}],$$

где:  $Z_1 = 0$

$Z_2 = 2$  (Приложение А, таблица А6)

$Z_3 = 6$  (Приложение А, таблица А5)

$[-T_{\text{Азаг}}] = -1,3$  (Приложение А, таблица А11)

$$A_{\text{заг}} = 85 + 2 + 6 + 1,3 = 94,3$$

По таблице А11 (Приложение А) принимаем ближайший больший размер круглого проката  $\phi 96^{+0,5}_{-1,3}$

Наибольший размер по длине – 160мм, шероховатость  $Ra_{6,3}$  с обеих сторон. Поверхности будут обтачиваться на режимах полуступенчатого точения (Приложение А, таблица А1).

$$V_{\text{заг}} = V_{\text{дет}} + Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_1 + Z_2 + Z_3 + T_{V_{\text{заг}}},$$

где:  $Z_1 = 0$

$Z_2 = 0$

$Z_3 = 2$  (Приложение А, таблица А8)

$T_{V_{\text{заг}}} = 1,6$  по 15 квалитету точности (Приложение А, таблицы А1 и А12)

$$V_{\text{заг}} = 160 + 2 + 2 + 1,6 = 165,6_{-1,6}$$

По результатам расчетов оформляем эскиз заготовки (рисунок Б4).

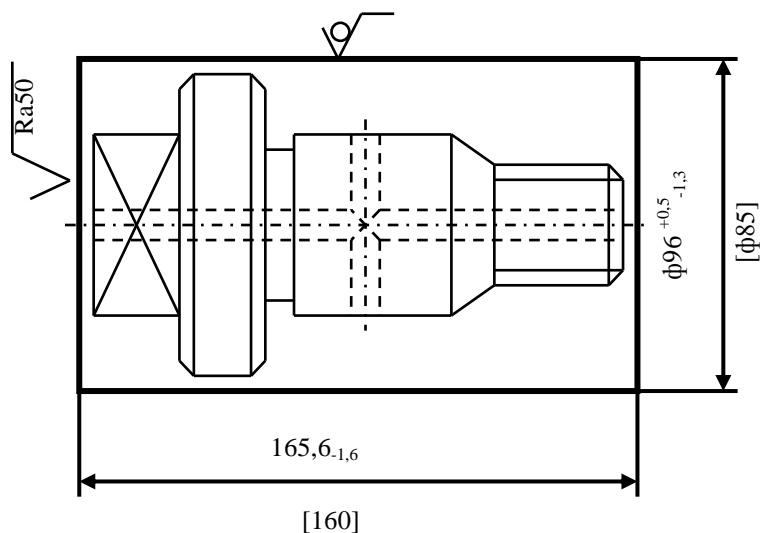


Рисунок Б4. Эскиз заготовки из проката

Вариант 2. Заготовка – поковка.

Размеры поковки определяем по трем основным размерам детали: наибольшему диаметру наружной поверхности, диаметру в районе шейки и длине.

$$A_{\text{заг}} = (A_{\text{дет}} + Z) \pm T_{A_{\text{заг}}}$$

Наибольший размер по диаметру –  $\phi 85$

$Z = 11$  (приложение А, таблица А4)

$T_{A_{\text{заг}}} = \pm 3$  (приложение А, таблица А4)

$$A_{\text{заг}} = (85 + 11) \pm 3 = 96 \pm 3$$

Размер по диаметру в средней части детали –  $\phi 60$

$Z = 9$  (приложение А, таблица А4)

$T_{A_{\text{заг}}} = \pm 2$  (приложение А, таблица А4)

$$A_{\text{заг}} = (60 + 9) \pm 2 = 69 \pm 2$$



Наибольший размер по длине – 160,

$$V_{\text{заг}} = (V_{\text{дет}} + Z) \pm TV_{\text{заг}}$$

$Z = 11$  (приложение А, таблица А4)

$TV_{\text{заг}} = \pm 3$  (приложение А, таблица А4)

$$V_{\text{заг}} = (160 + 11) \pm 3 = 171 \pm 3$$

По результатам расчетов оформляем эскиз кованой заготовки (рисунок Б5).

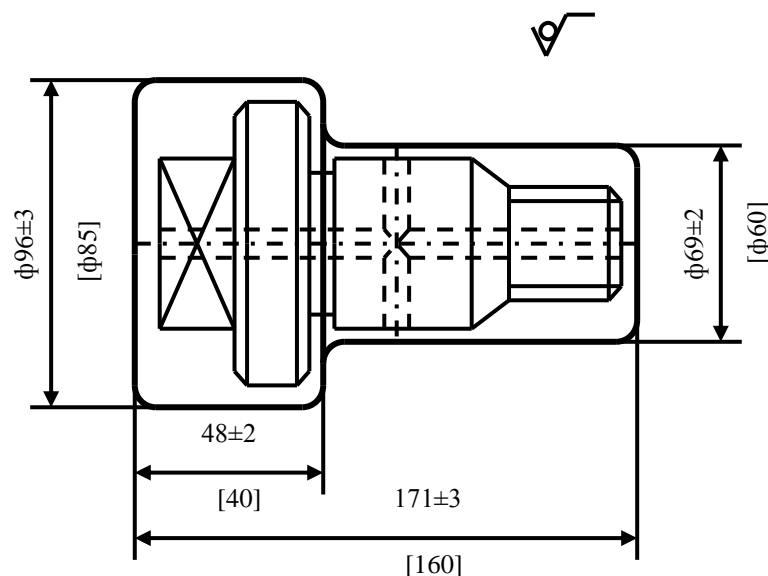


Рисунок Б5. Эскиз кованой заготовки

После разработки эскизов заготовок определяем коэффициент использования металла:

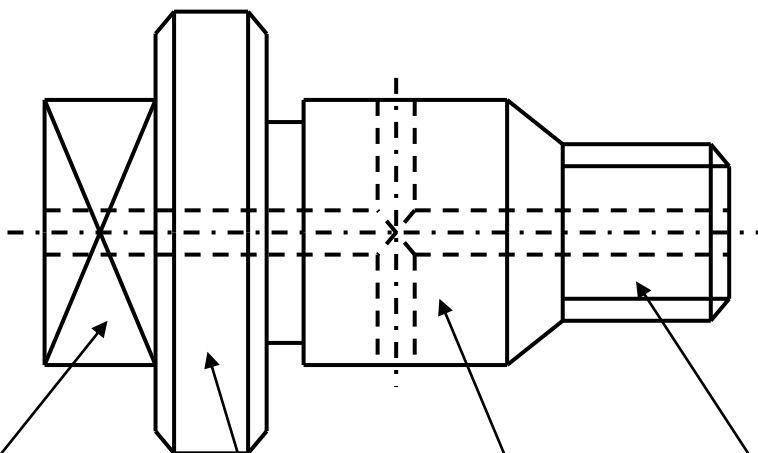
$$K = \frac{P_d}{P_z},$$

где  $P_d$  – вес готовой детали

$P_z$  – вес заготовки

Для определения веса необходимо вычислить объём. Разбиваем деталь и заготовки на элементарные фигуры. Мелкие элементы (фаски, канавки, небольшие отверстия) во внимание не принимаем.

Рисунок Б6.  
Разбивка детали на  
элементарные  
фигуры

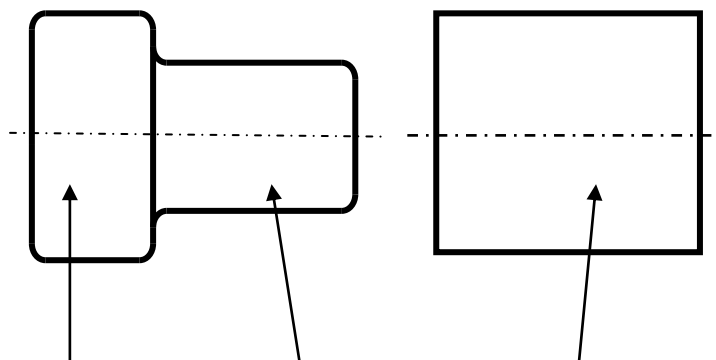


Фигура	Параллелепипед	Цилиндр	Цилиндр	Цилиндр
Размеры (мм)	44x44x20	φ85x20	φ60x80	φ33x40
Объём (см <sup>3</sup> )	38,72	113,43	226,08	34,19

Вес детали:  $(38,72 + 113,43 + 226,08 + 34,19) * 7,8 = 3,216$  кг

Поковка Прокат

Рисунок Б7  
Разбивка  
заготовок на  
элементарные  
фигуры



Фигура	Цилиндр	Цилиндр	Цилиндр
Размеры (мм)	ф96x48	ф69x123	ф96x165,6
Объем (см <sup>3</sup> )	347,25	459,7	1198,04

Вес поковки:  $(347,25 + 459,7) * 7,8 = 6,294$  кг

Вес проката:  $1198,04 * 7,8 = 9,345$  кг

Коэффициент использования металла:

$$\text{Для поковки } K = \frac{3,216}{6,294} = 0,511$$

$$\text{Для проката } K = \frac{3,216}{9,345} = 0,344$$

В виду отсутствия на предприятии технологических возможностей получения поковки в качестве заготовки используем прокат.

### 5 Выбор станочного оборудования

Габариты обрабатываемой заготовки ф96x165. По диаметру отверстия шпинделя данная заготовка может обрабатываться на станке модели 16К50 (Приложение А, таблица А27). Но этот станок рассчитан на обработку крупногабаритных изделий и для данной детали будет использоваться с явной недогрузкой. По размеру заготовки, устанавливаемой над суппортом, можно планировать применение станков моделей 16Б16А и 16К20. Так как результаты расчетов заготовок показывают очень низкий коэффициент использования металла, и, следовательно, большой объем срезаемой стружки, предпочтение следует отдать станку модели 16К20, имеющему более мощный двигатель.

### 6 Выбор черновых и чистовых баз, мест и способов закрепления заготовки

В качестве черновой базы используем необработанную поверхность заготовки ф96мм. Эта база будет использована только в начале технологического процесса, при первых закреплениях заготовки в

трехкулачковом патроне станка. За чистовую базу принимаем центровочное отверстие, которое необходимо при закреплении заготовки с большим вылетом, когда потребуется поджатие вращающимся центром, установленном в задней бабке. Так же за чистовую базу принимаем обработанную поверхность ф60, при закреплении за которую можно проводить обработку поверхности под квадратную головку.

### 7 Определение очередности обработки поверхностей

В первую очередь обрабатываем базовые поверхности – обтачиваем торец и сверлим центровочное отверстие. При закреплении заготовки в патроне с поджатием вращающимся центром можно обработать поверхности ф85, канавку 4x1, ф60, М33x1,5. Обработка за одну установку гарантирует обеспечение соосности этих поверхностей. При закреплении за обработанную поверхность ф60 обтачивается левый торец детали, цилиндрическая поверхность ф64 под квадратную головку и сверлится сквозное отверстие ф10. Сверление поперечного отверстия ф8, фрезерование квадратной головки 44x44 можно проводить после токарной операции.

### 8 Назначение операционных припусков и расчет межоперационных размеров

Операционные припуски назначаются по таблицам (Приложение А, таблицы А5...А10). Межоперационные размеры (МОР) рассчитываем для цилиндрических поверхностей ф85, ф60 и размера по длине детали 160.

Поверхность ф85h8, шероховатость Ra2,5. Поверхность будет обтачиваться начисто после черного точения (Приложение А, таблица А1).

Размер после черного точения:

$$A_1 = A_{\text{дет max}} + Z_2$$

$$Z_2 = 2 \text{ (Приложение А, таблица А6)}$$

$$A_1 = 85 + 2 = 87$$

Поверхность ф60h6, шероховатость Ra0,8. Поверхность будет шлифоваться после черного и чистового точения (Приложение А, таб. А1).

Размер после черновой обработки перед чистовой «А<sub>1</sub>»

$$A_1 = A_{\text{дет max}} + Z_1 + Z_2$$

$$Z_1 = 0,5 \text{ (Приложение А, таблица А7)}$$

$$Z_2 = 2 \text{ (Приложение А, таблица А6)}$$

$$A_1 = 60 + 0,5 + 2 = 62,5$$

Размер после чистовой обработки перед шлифованием «А<sub>2</sub>»

$$A_2 = A_{\text{дет max}} + Z_1$$

$$Z_1 = 0,5 \text{ (Приложение А, таблица А7)}$$

$$A_2 = 60 + 0,5 = 60,5$$

Размер по длине – 160мм, шероховатость Ra12,5 с обеих сторон. Поверхности будут обтачиваться на режимах черного точения (Приложение А, таблица А1).

Строим расчетную схему.

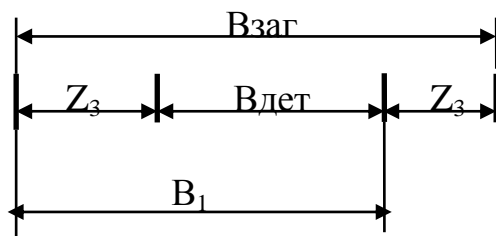


Рисунок Б8 Межоперационные размеры при обработке торцевых поверхностей

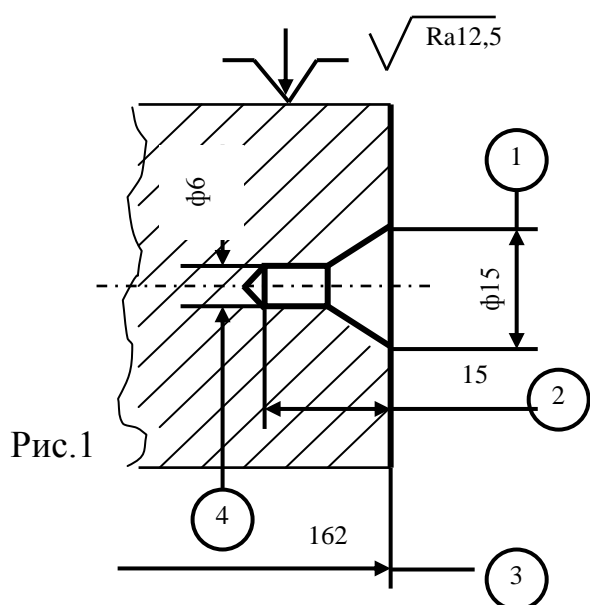
Размер после черновой обработки одного торца:

$$B_1 = B_{дет} + Z_3$$

$Z_3 = 2$  (Приложение А, таблица А8)

$$B_1 = 160 + 2 = 162$$

### 9 Разработка операционных эскизов и составление текста переходов

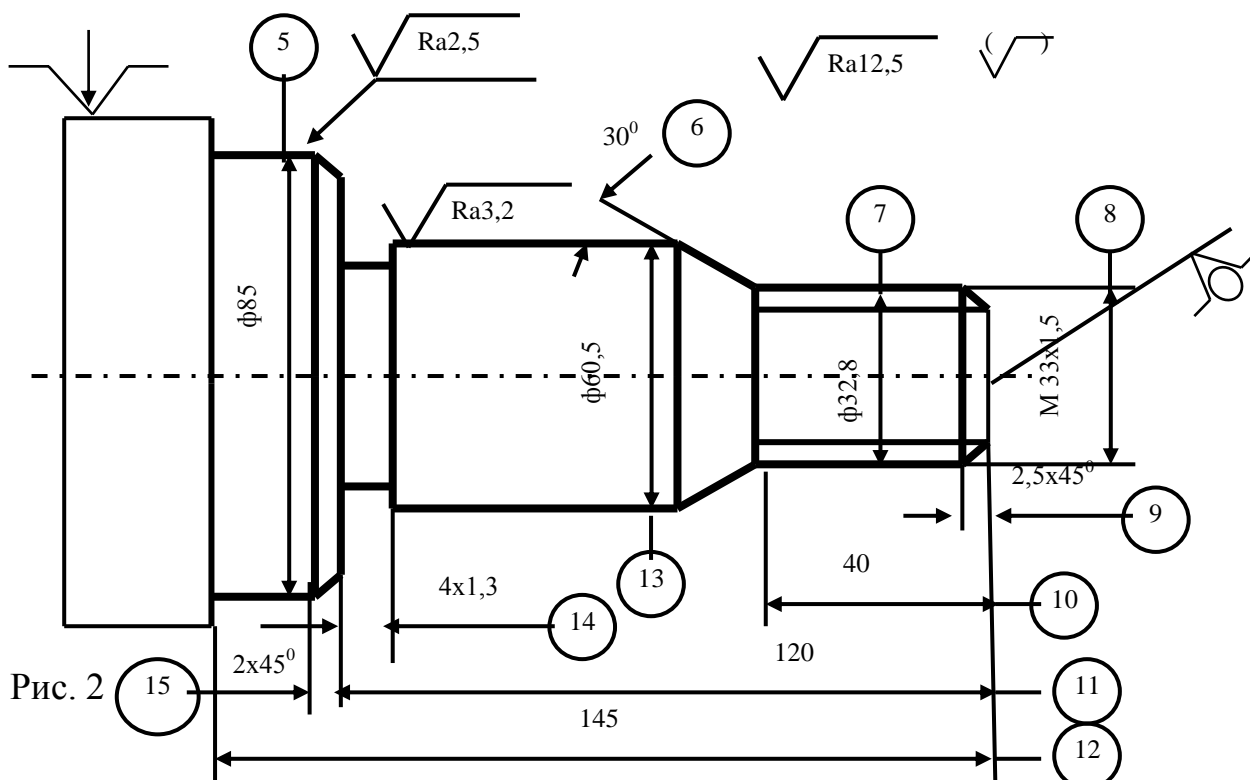


А Закрепить заготовку  
( Рис.1)

1 Точить торец (3)

2 Сверлить центровочное  
отверстие  
(1) (2) (4)

Б Переустановить заготовку  
(Рис.2)



- 3 Точить цилиндр (5) (12)
- 4 Точить цилиндр (13) (11)
- 5 Точить цилиндр (7) (10) (6)
- 6 Точить канавку (14)
- 7 Снять фаску (15)
- 8 Снять фаску (9)
- 9 Нарезать резьбу (8) (10)
- В Переустановить заготовку (Рис. 3)

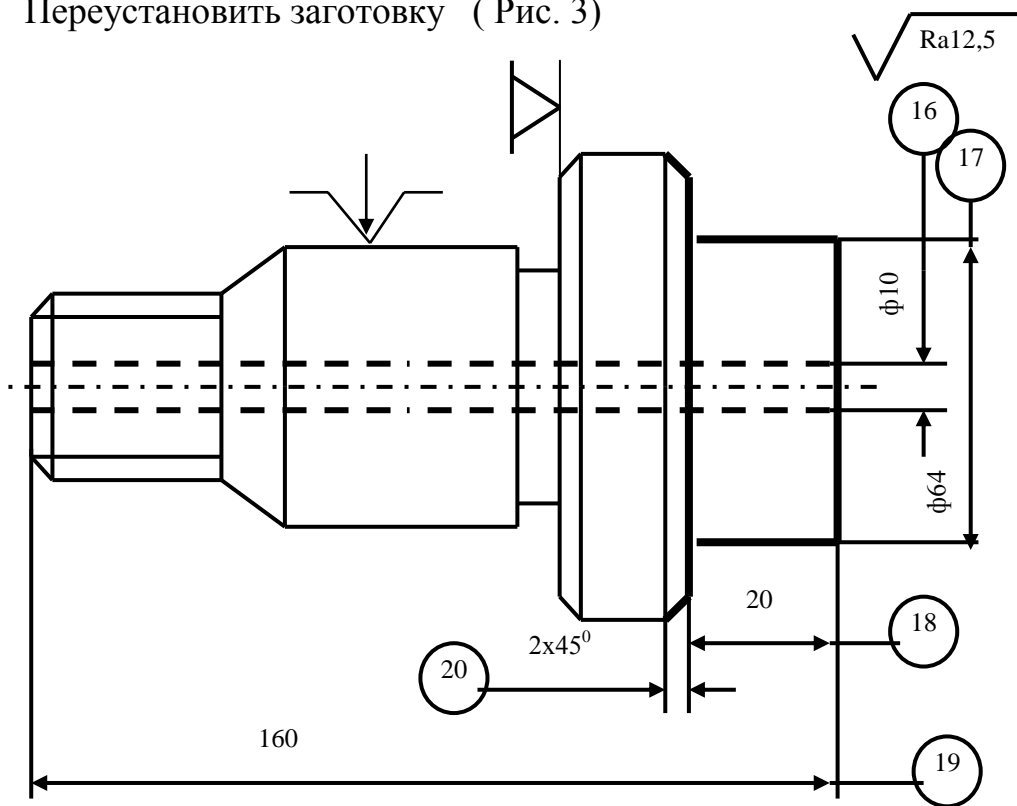


Рис. 3

- 10 Точить торец (19)
- 11 Точить цилиндр (17) (18)
- 12 Снять фаску (20)
- 13 Сверлить отверстие (16)
- Г Снять деталь

### 10 Подбор режущих инструментов

№	Содержание перехода	Режущий инструмент
1	Точить торец (3)	Проходной отогнутый $\varphi 45^0$
2	Сверлить центровочное отверстие (1) (2) (4)	Сверло центровочное ф6
3	Точить цилиндр (5) (12)	Проходной упорный $\varphi 90^0$
4	Точить цилиндр (13) (11)	Проходной упорный $\varphi 90^0$
5	Точить цилиндр (7) (10) (6)	Проходной отогнутый $\varphi 30^0$
6	Точить канавку (14)	Канавочный 4мм
7	Снять фаску (15)	Проходной отогнутый $\varphi 45^0$
8	Снять фаску (9)	Проходной отогнутый $\varphi 45^0$
9	Нарезать резьбу (8) (10)	Резьбонарезной $\varepsilon 60^0$
10	Точить торец (19)	Проходной отогнутый $\varphi 45^0$
11	Точить цилиндр (17) (18)	Проходной упорный $\varphi 90^0$
12	Снять фаску (20)	Проходной отогнутый $\varphi 45^0$
13	Сверлить отверстие (16)	Сверло ф10

### 11 Подбор мерительного инструмента

Выбор мерительного инструмента зависит от требуемой точности измерений, габаритов детали, формы и расположения измеряемых поверхностей. При токарной обработке используем штангенциркули двух типов (ШЦ-1, ШЦ-2). Для контроля резьбы - шагомеры (шаблоны) и резьбовые калибры.

## 12 Расчеты режимов резания и нормирование работ

Режимы резания рассчитываем для поверхности  $\phi 60$  для этапов чернового и чистового точения. Табличные значения рекомендуемых режимов резания и технические характеристики металлорежущих станков взяты из Приложения А.

Расчет режимов резания при продольном точении.

Операция токарная, переход 4.

12.1 Содержание перехода – точить цилиндр 13 11 (черновое точение)

- 1 Размер готовой детали  $d = 62,5\text{мм}$
- 2 Размер заготовки  $D = 96\text{мм}$
- 3 Длина обрабатываемой поверхности  $l = 120\text{мм}$
- 4 Перебег инструмента  $l_2 = 0$
- 5 Материал заготовки – сталь 45
- 6 Предел прочности материала заготовки - 610 МПа
- 7 Состояние поверхности заготовки - прокат с коркой
- 8 Материал резца - Т5К10
- 9 Главный угол в плане  $\varphi = 90^\circ$
- 10 Модель станка 16К20
- 11 Глубина резания, допустимая жесткостью системы СПИД  $t = 3\text{мм}$
- 12 Припуск на обработку на сторону  
 $z = (D - d) / 2 = (96 - 62,5) / 2 = 16,3\text{мм}$
- 13 Число проходов  $i = z / t = 16,3 / 3 \approx 6$
- 14 Глубина резания фактическая  $t_\phi = z / i = 16,3 / 6 = 2,8\text{мм}$
- 15 Выбор подачи по справочным таблицам  $S_T = 0,4\text{ мм/об}$
- 16 Корректировка подачи по станку  $S_\phi = 0,4\text{ мм/об}$
- 17 Скорость резания табличная  $V_T = 166\text{ м/мин}$
- 18 Принятая стойкость инструмента  $T = 45\text{мин}$
- 19 Поправочный коэффициент,  $K_1 = 1,06$  ( для  $T = 45$  мин.)
- 20  $K_2 = 1,15$  ( для 610 МПа)
- 21  $K_3 = 0,8$  ( для заготовки с коркой )

- 22  $K_4 = 0,65$  ( для резца марки Т5К10 )
- 23  $K_5 = 0,81$  ( для угла  $\varphi = 90^0$  )
- 24 Скорость резания, расчетная  
 $V_p = V_T * K_1 * K_2 * K_3 * K_4 * K_5 = 166 * 1,06 * 1,15 * 0,8 * 0,65 * 0,81 = 85,2 \text{ м/мин}$
- 25 Расчетное число оборотов  
 $n_{\text{расч}} = 1000 * V_p / \pi / D = 1000 * 85,2 / 3,14 / 96 = 282,7 \text{ об/мин}$
- 26 Корректировка числа оборотов по станку  $n_\phi = 250 \text{ об/мин}$
- 27 Фактическая скорость резания  
 $V_\phi = \pi * D * n_\phi / 1000 = 3,14 * 96 * 250 / 1000 = 75,4 \text{ м/мин}$
- 28 Путь врезания  $l_1 = t * \text{ctg } \phi = 2,8 * \text{ctg } 90^0 = 0$
- 29 Расчетная длина точения  $L = l_1 + l_2 = 0 + 120 + 0 = 120 \text{ мм}$
- 30 Основное технологическое время  
 $T_o = L * i / n / S = 120 * 6 / 250 / 0,4 = 7,2 \text{ мин}$

12.2 Содержание перехода – точить цилиндр (13) (11) (чистовое точение)

- 1 Размер готовой детали  $d = 60,5 \text{ мм}$
- 2 Размер заготовки  $D = 62,5 \text{ мм}$
- 3 Длина обрабатываемой поверхности  $l = 56 \text{ мм}$
- 4 Перебег инструмента  $l_2 = 1,5 \text{ мм}$
- 5 Материал заготовки – сталь 45
- 6 Предел прочности материала заготовки - 610 МПа
- 7 Состояние поверхности заготовки - прокат без корки
- 8 Материал резца – Т15К6
- 9 Главный угол в плане  $\varphi = 90^0$
- 10 Модель станка 16К20
- 11 Глубина резания, допустимая жесткостью системы СПИД  $t = 1 \text{ мм}$
- 12 Припуск на обработку на сторону  
 $z = (D - d) / 2 = (62,5 - 60,5) / 2 = 1,0 \text{ мм}$
- 13 Число проходов  $i = z / t = 1,0 / 1 = 1$
- 14 Глубина резания фактическая  $t_\phi = z / i = 1 / 1 = 1,0 \text{ мм}$
- 15 Выбор подачи по справочным таблицам  $S_T = 0,25 \text{ мм/об}$
- 16 Корректировка подачи по станку  $S_\phi = 0,25 \text{ мм/об}$

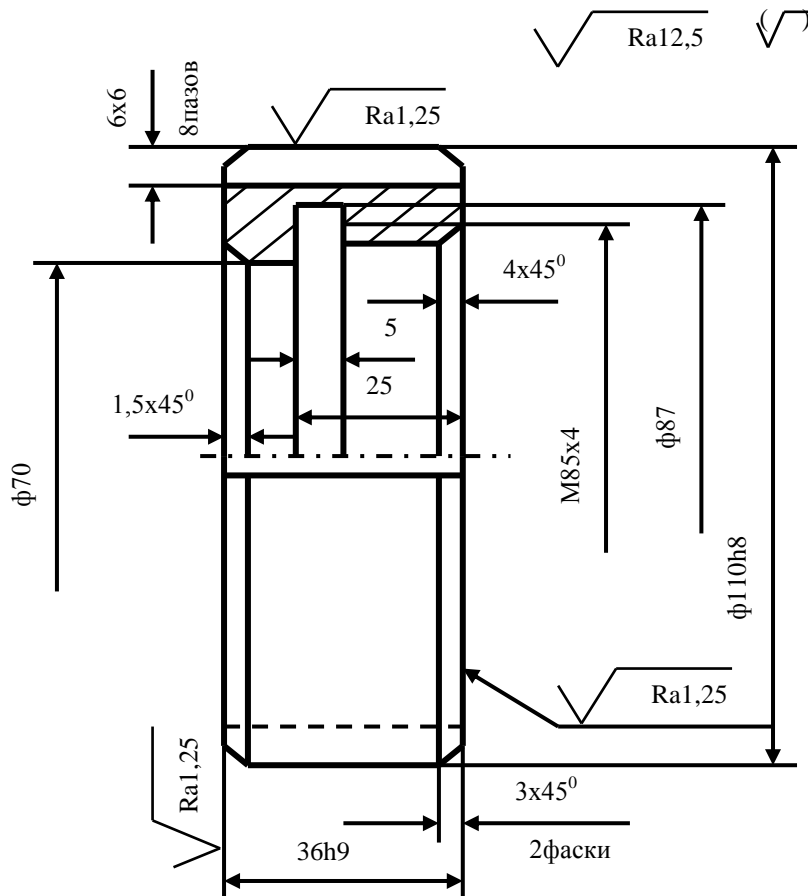


- 17 Скорость резания табличная  $V_T = 222$  м/мин
- 18 Принятая стойкость инструмента  $T = 90$  мин
- 19 Поправочный коэффициент,  $K_1 = 0,92$  ( для  $T = 90$  мин.)
- 20  $K_2 = 1,15$  ( для 610 МПа)
- 21  $K_3 = 1$  ( для заготовки без корки )
- 22  $K_4 = 1$  ( для резца марки Т15К6 )
- 23  $K_5 = 0,81$  ( для угла  $\phi = 90^0$  )
- 24 Скорость резания, расчетная  
 $V_p = V_T * K_1 * K_2 * K_3 * K_4 * K_5 = 222 * 0,92 * 1,15 * 1 * 1 * 0,81 = 190$  м/мин
- 25 Расчетное число оборотов  
 $n_{расч} = 1000 * V_p / \pi / D = 1000 * 190 / 3,14 / 62,5 = 968,2$  об/мин
- 26 Корректировка числа оборотов по станку  $n_\phi = 1000$  об/мин
- 27 Фактическая скорость резания  
 $V_\phi = \pi * D * n_\phi / 1000 = 3,14 * 62,5 * 1000 / 1000 = 196$  м/мин
- 28 Путь врезания  $l_1 = t * ctg \phi = 1 * ctg 90^0 = 0$
- 29 Расчетная длина точения  $L = l_1 + l_2 = 0 + 56 + 1,5 = 57,5$  мм
- 30 Основное технологическое время  
 $T_o = L * i / n / S = 57,5 * 1 / 1000 / 0,25 = 0,23$  мин

## ПРИЛОЖЕНИЕ В

### Пример разработки токарной операции изготовления детали «Гайка»

1 Чертеж детали (оформляется на формате А4 в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД).



### 2 Анализ чертежа детали.

Деталь имеет форму кольца со ступенчатым отверстием и внутренней резьбой. На наружной поверхности расположены 8 пазов размером 6х6 под ключ. Торцевые поверхности детали и наружная поверхность могут быть получены обтачиванием на токарном станке. Внутренне ступенчатое отверстие можно получить сверлением и растачиванием так же на токарном станке. Резьбу можно нарезать резьбонарезным резцом для внутренних резьб.

Рисунок В1. Гайка. Сталь 40Х, НРС 28...32

Пазы на наружной поверхности можно получить фрезерованием дисковой фрезой на горизонтально-фрезерном станке с применением делительной головки.

Точность размеров и шероховатость поверхностей обеспечивается соответствующими (приложение А, таблица А1) видами обработки:

Наружная поверхность  $\phi 110h8$ ,  $Ra1,25$  – шлифование после чистового и чернового продольного точения.

Торцевые поверхности размера  $36h9$ ,  $Ra1,25$  – шлифование после чернового и чистового поперечного точения.

Для остальных поверхностей точность размеров не оговаривается, шероховатость  $Ra6,3$  – получистовое точение.

Материал детали – сталь 40Х. Это конструкционная легированная сталь, относится к группе «термически улучшаемые».

Механические свойства материала:  $\sigma_{вр} = 640\text{МПа}$ ,  $\sigma_{т} = 380\text{МПа}$ ,  $\delta = 18\%$ ,  $\psi = 45\%$ .

Химический состав:  $C = 0,37...0,42\%$

Сталь хорошо обрабатывается резанием. Для обеспечения твердости HRC 28...32 необходимо провести термическую обработку: закалку в масле и средний отпуск. Термическая обработка должна проводиться после этапа лезвийного резания - точения, сверления, фрезерования, перед абразивной обработкой - шлифованием.

На основании проделанного анализа чертежа детали составляем предварительный технологический маршрут (рисунок В2).



Рисунок В2. Технологический маршрут изготовления детали «Гайка»

### 3. Содержание токарной операции и разработка чертежа для токарной обработки (токарная заготовка).

При токарной обработке невозможно получить пазы под ключ размером 8х8.

Наружная поверхность размером 110h8, Ra1,25 будет шлифоваться. Поэтому оставляем припуск на шлифование и на чертеже указываем размер 110,6. Точный расчет приведен в разделе «Назначение операционных припусков и расчет межоперационных размеров». Так же припуск под шлифование необходимо оставить на торцевых поверхностях размера 36h9 (Ra1,25).

Остальные поверхности и их размеры оставляем без изменений (рисунок В3).

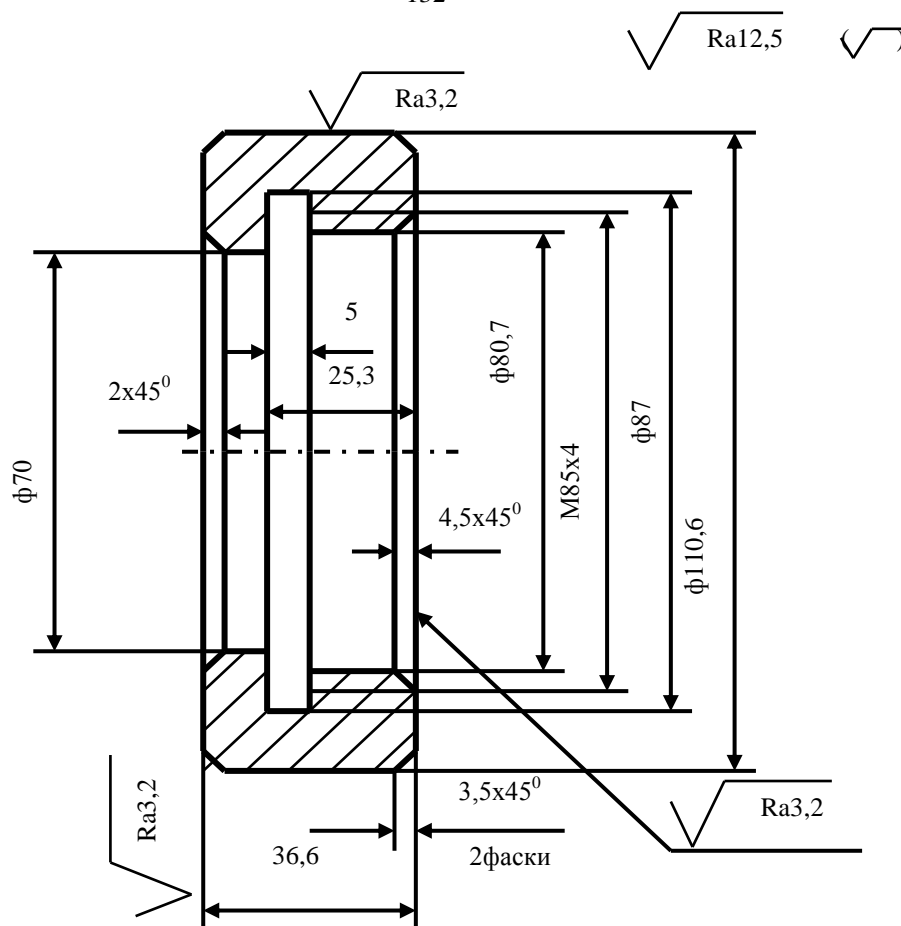


Рисунок В3. Чертеж токарной заготовки (оформляется на формате А4)

#### 4 Выбор способа получения заготовки и расчет её размеров

Для условий ремонтных мастерских предприятия наиболее доступными видами заготовок являются поковки, полученные методом свободнойковки и горячекатаный прокат.

Вариант 1. Заготовка – прокат.

Заготовка из проката имеет самую простую форму – цилиндр, в контуры которого должны вписываться, с учетом припусков на обработку, контуры изготавливаемой детали.

Размеры проката определяем по двум наибольшим размерам детали: наружному диаметру и длине.

Наибольший размер по диаметру -  $\phi 110h8$ , Ra1,25 Поверхность будет шлифовать после черного и чистового продольного точения. Необходимо учитывать припуски на все виды обработки.

$$A_{заг} = A_{дет} + Z_1 + Z_2 + Z_3 + [-TA_{заг}],$$

где:  $Z_1 = 0,6$  (приложение А, таблица А7)

$Z_2 = 2$  (приложение А, таблица А6)

$Z_3 = 5,5$  (приложение А, таблица А5)

$[-TA_{заг}] = 1,7$  (приложение А, таблица А11)

$$A_{заг} = 110 + 0,6 + 2,0 + 5,5 + 1,7 = 119,8$$

По таблице А11(приложение А) принимаем ближайший больший размер круглого проката  $\phi 120_{-2,0}^{+0,8}$

Рассчитываем длину заготовки.

Наибольший размер по длине -  $36h9$ , Ra1,25 с обеих сторон. Поверхности будут шлифоваться после черного и чистового поперечного точения.

$$V_{заг} = V_{дет} + Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_1 + Z_2 + Z_3 + TV_{заг},$$

где:  $Z_1 = 0,3$  (приложение А, таблица А10)

$Z_2 = 0,7$  (приложение А, таблица А9)

$Z_3 = 2$  (приложение А, таблица А8)

$TV_{заг} = 1,0$  по 15 качеству точности (приложение А, таблица А12)

$$V_{заг} = 36 + 0,3 + 0,7 + 2 + 0,3 + 0,7 + 2 + 1,0 = 43_{-1,0}$$

Вариант 2. Заготовка – поковка.

Размеры поковки определяем по трем основным размерам детали: наибольшему диаметру наружной поверхности, наименьшему диаметру отверстия и ширине.

$$A_{заг} = (A_{дет} + Z) \pm TA_{заг}$$

Наибольший размер по диаметру -  $\phi 110h8$

$Z = 9$  (приложение А, таблица А4)

$TA_{заг} = \pm 2$  (приложение А, таблица А4)

$$A_{заг} = (110 + 9) \pm 2 = 119 \pm 2$$

Наибольший размер по длине -  $36h9$ ,

$$V_{заг} = (V_{дет} + Z) \pm TV_{заг}$$

$Z = 7$  (приложение А, таблица 4)

$TV_{заг} = \pm 2$  (приложение А, таблица А4)

$$V_{заг} = (36 + 7) \pm 2 = 43 \pm 2$$

Наименьший размер отверстия -  $\phi 70$

$$A_{заг} = (A_{дет} - Z) \pm TA_{заг}$$

$Z = 14$  (приложение А, таблица А4)

$TA_{заг} = \pm 2$  (приложение А, таблица А4)

$$A_{заг} = (70 - 14) \pm 2 = 56 \pm 2$$

По результатам расчетов оформляем чертежи заготовок (рисунки В4, В5).

После разработки эскизов заготовок определяем коэффициент использования металла:

$$K = \frac{P_d}{P_z},$$

где  $P_d$  – вес готовой детали

$P_z$  – вес заготовки

Для определения веса необходимо вычислить объём. Разбиваем деталь и заготовки на элементарные фигуры. Мелкие элементы (фаски, канавки, небольшие отверстия) во внимание не принимаем.

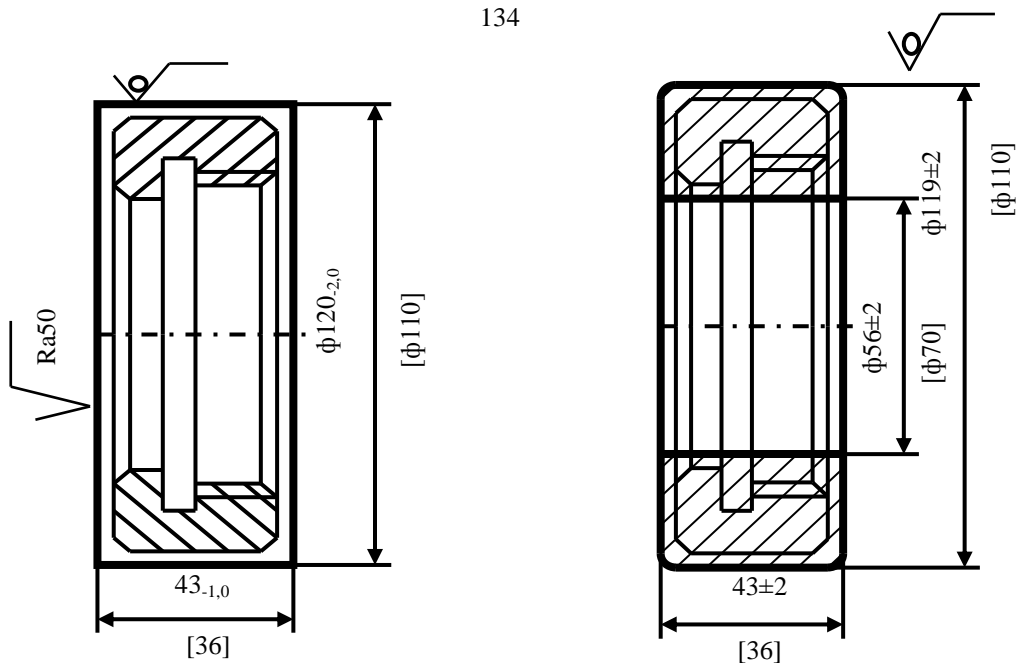
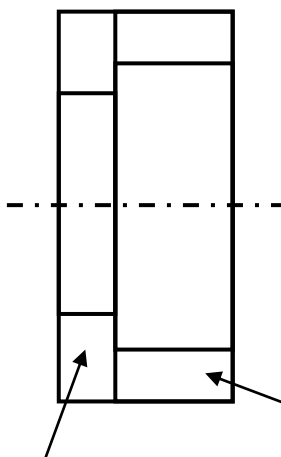


Рисунок В4. Заготовка прокат. Рисунок В5. Заготовка поковка.  
Сталь 40х, НВ 220...240

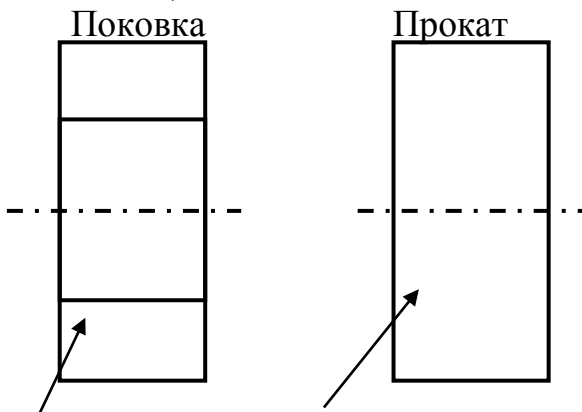
Рисунок В6.  
Разбивка детали  
«Гайка» на  
элементарные  
фигуры



Фигура	Кольцо	Кольцо
Размеры (мм)	φ110хφ70х11	φ110хφ80х25
Объем (см <sup>3</sup> )	62,172	111,86

Вес детали:  $(62,172 + 111,86) * 7,8 = 1,357$  кг

Рисунок В7.  
Разбивка заготовок  
на элементарные  
фигуры



Фигура	Кольцо	Цилиндр
Размеры (мм)	φ119хφ56х43	φ120х43
Объем (см <sup>3</sup> )	372,15	486,07

Вес поковки:  $372,15 * 7,8 = 2,902$  кг

Вес проката:  $486,07 * 7,8 = 3,791$  кг

Коэффициент использования металла:

$$\text{Для проката } K = \frac{1,357}{3,791} = 0,35$$

$$\text{Для поковки } K = \frac{1,357}{2,902} = 0,467$$

В виду отсутствия на предприятии технологических возможностей получения поковки в качестве заготовки используем прокат.

## 5 Выбор станочного оборудования

Габариты обрабатываемой заготовки  $\phi 110 \times 36$ . По размеру заготовки, устанавливаемой над суппортом, можно планировать применение станков моделей 16Б16А и 16К20 (Приложение А, таблица А27) . Так как результаты расчетов заготовок показывают очень низкий коэффициент использования металла, и, следовательно, большой объем срезанной стружки, предпочтение следует отдать станку модели 16К20, имеющему более мощный двигатель.

## 6 Выбор черновых и чистовых баз, мест и способов закрепления заготовки

В качестве черновой базы используем необработанную поверхность заготовки  $\phi 120$ мм. Эта база будет использована только в начале технологического процесса, при первых закреплениях заготовки в трехкулачковом патроне станка. За чистовую базу принимаем торец и поверхность отверстия под резьбу  $\phi 80,7$ . Так же за чистовую базу принимаем обработанную поверхность  $\phi 110$ , при закреплении за которую можно нарезать резьбу М85х4.

## 7 Определение очередности обработки поверхностей

В первую очередь обрабатываем базовые поверхности – обтачиваем торец, сверлим и растачиваем центральное отверстие. При закреплении за обработанную поверхность  $\phi 80,7$  обтачивается второй торец детали и цилиндрическая поверхность  $\phi 110$ . Нарезание резьбы М85х4 проводим в конце токарной операции. Фрезерование 8 пазов 6х6 можно проводить после токарной операции.

## 8 Назначение операционных припусков и расчет межоперационных размеров

Операционные припуски назначаются по таблицам (Приложение А, таблицы А5...А10). Межоперационные размеры рассчитываем для цилиндрической поверхности  $\phi 110$ , отверстия под резьбу  $\phi 80,7$  и размера по длине детали 36.

Поверхность  $\phi 110h8$ , шероховатость  $Ra0,8$ . Поверхность будет шлифоваться после черного и чистового точения (Приложение А, таб. А1).

Размер после черновой обработки перед чистовой «А<sub>1</sub>»

$$A_1 = A_{\text{дет max}} + Z_1 + Z_2$$

$Z_1 = 0,6$  (Приложение А, таблица А7)

$Z_2 = 2$  (Приложение А, таблица А6)

$$A_1 = 110 + 0,6 + 2 = 112,6$$

Размер после чистовой обработки перед шлифованием «А<sub>2</sub>»

$$A_2 = A_{\text{дет max}} + Z_1$$

$Z_1 = 0,6$  (Приложение А, таблица А7)

$$A_2 = 110 + 0,6 = 110,6$$

Отверстие  $\phi 80,7$ , шероховатость  $Ra3,2$ . Поверхность будет растачиваться начисто после черного растачивания (Приложение А, таб. А1).

Размер после черного растачивания:  $A_1 = A_{\text{дет}} - Z_2$

$Z_2 = 2$  (Приложение А, таблица А6)

$$A_1 = 80,7 - 2 = 78,7$$

Размер по длине – 36мм, шероховатость  $Ra1,25$  с обеих сторон. Поверхности будут шлифоваться после черного и чистового поперечного точения (Приложение А, таблица А1). Порядок обработки: один торец обтачивается начерно и начисто, затем, после перезакрепления заготовки, обтачивается начерно и начисто другой торец.

Строим расчетную схему.

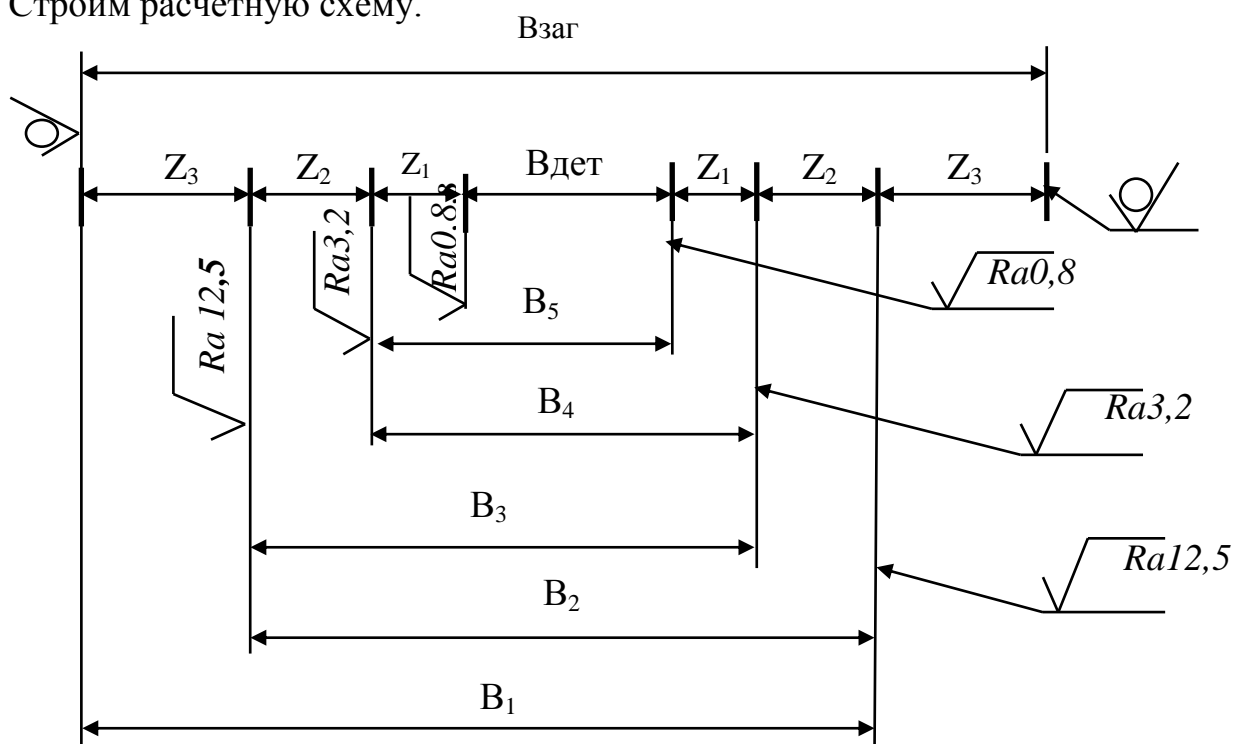


Рисунок В8 Расчетная схема для вычисления МОР по длине детали

Размер после черновой обработки одного торца:

$$B_1 = B_{\text{дет}} + Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_1 + Z_2$$

$Z_1 = 0,3$  (Приложение А, таблица 10)

$Z_2 = 0,7$  (Приложение А, таблица 9)



$Z_3 = 2$  (Приложение А, таблица 8)

$$B_1 = 36 + 0,3 + 0,7 + 0,3 + 0,7 + 2 = 40$$

Размер после чистовой обработки этого же торца:

$$B_2 = B_{дет} + Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_1$$

$$B_2 = 36 + 0,3 + 0,7 + 2 + 0,3 = 39,3$$

Размер после черновой обработки другого торца:

$$B_3 = B_{дет} + Z_1 + Z_2 + Z_1$$

$$B_3 = 36 + 0,3 + 0,7 + 0,3 = 37,3$$

Размер после чистовой обработки этого же торца:

$$B_4 = B_{дет} + Z_1 + Z_1$$

$$B_4 = 36 + 0,3 + 0,3 = 36,6$$

Размер после шлифования одного торца:

$$B_5 = B_{дет} + Z_1$$

$$B_5 = 36 + 0,3 = 36,3$$

После шлифования второго торца будет получен размер готовой детали 36h9.

### 9 Разработка операционных эскизов и составление текста переходов

Токарная операция.

Первая установка

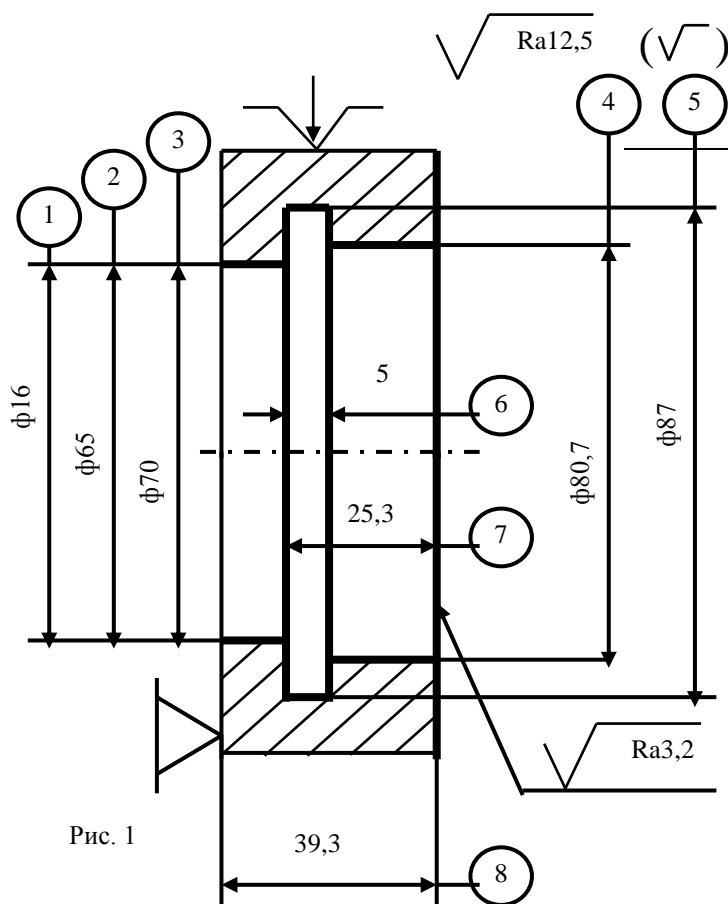


Рис. 1

№	Содержание перехода
А	Закрепить заготовку (Рис.1)
1	Точить торец (8)
2	Сверлить отверстие (1)
3	Расверлить отверстие (2)
4	Расточить отверстие (3)
5	Расточить отверстие (4)
6	Расточить канавку (5)
7	Расточить канавку (6)
8	Расточить канавку (7)
Б	Переустановить заготовку (Рис. 2)

$\sqrt{Ra12,5}$   $\sqrt{(\quad)}$

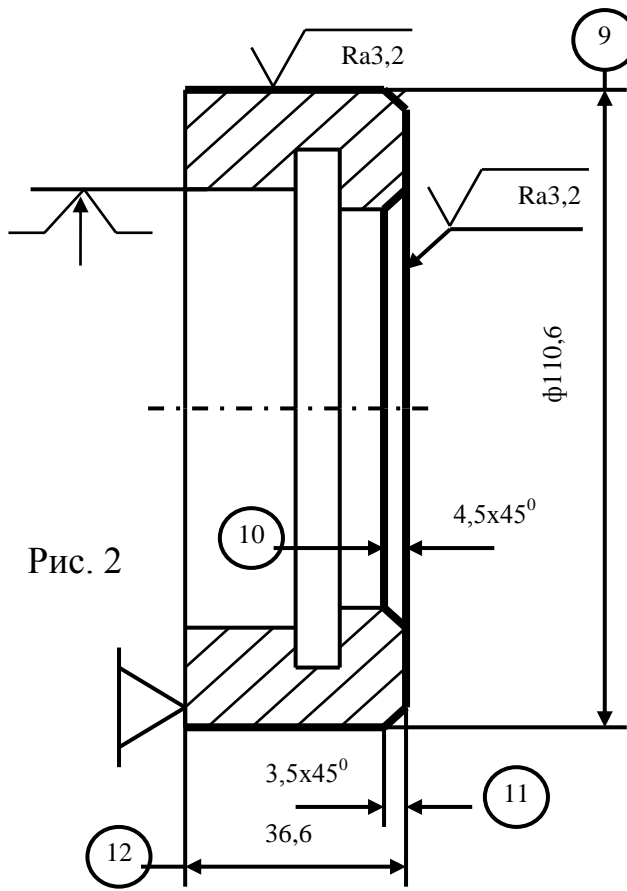


Рис. 2

Токарная операция.  
Вторая установка

№	Содержание перехода
7	Точить торец (12)
8	Точить цилиндр (9)
9	Снять фаску (11)
10	Снять фаску (10)
В	Переустановить заготовку (Рис. 3)

Токарная операция.  
Третья установка

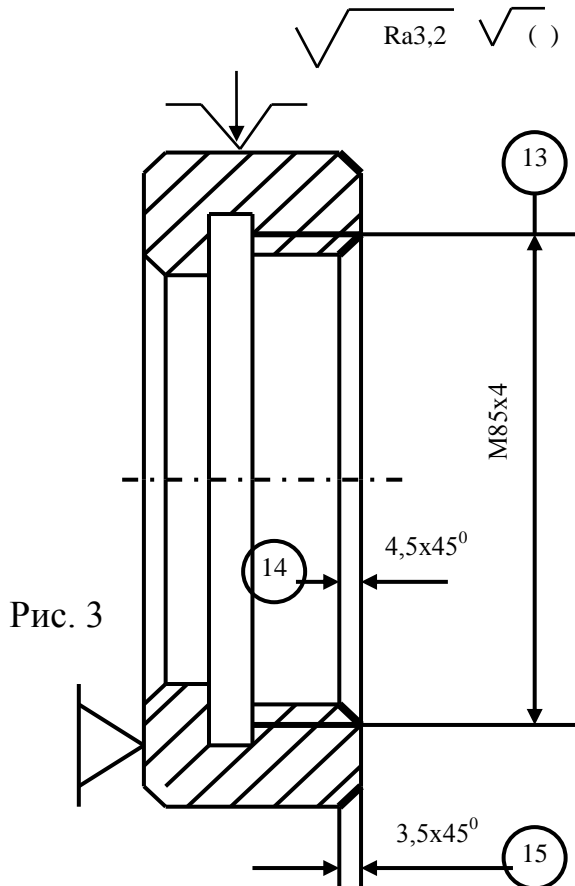


Рис. 3

№	Содержание перехода
11	Снять фаску (15)
12	Снять фаску (14)
13	Нарезать резьбу (13)
Г	Снять деталь

### 10 Подбор режущих инструментов

№	Содержание перехода	Режущий инструмент
1	Точить торец (8)	Проходной отогнутый $\phi 45^0$
2	Сверлить отверстие (1)	Сверло $\phi 16$
3	Рассверлить отверстие (2)	Сверло $\phi 65$
4	Расточить отверстие (3)	Расточной $\phi 45^0$
5	Расточить отверстие (4) (7)	Расточной $\phi 90^0$
6	Расточить канавку (5) (6) (7)	Расточной канавочный 5мм
7	Точить торец (12)	Проходной отогнутый $\phi 45^0$
8	Точить цилиндр (9)	Проходной отогнутый $\phi 45^0$
9	Снять фаску (11)	Проходной отогнутый $\phi 45^0$
10	Снять фаску (10)	Расточной $\phi 45^0$
11	Снять фаску (15)	Проходной отогнутый $\phi 45^0$
12	Снять фаску (14)	Расточной $\phi 45^0$
13	Нарезать резьбу (13)	Резьбонарезной $\epsilon 60^0$

### 11 Подбор мерительного инструмента

Выбор мерительного инструмента зависит от требуемой точности измерений, габаритов детали, формы и расположения измеряемых поверхностей. При токарной обработке используем штангенциркули двух типов (ШЦ-1, ШЦ-2). Для контроля резьбы - шагомеры (шаблоны) и резьбовые калибры.

### 12 Расчеты режимов резания и нормирование работ

Режимы резания рассчитываем для поверхности торца размера 36 при второй установке (операционный эскиз по Рис.3) для этапов черного и

чистового точения. Табличные значения рекомендуемых режимов резания и технические характеристики металлорежущих станков взяты из Приложения А.

Расчет режимов резания при поперечном точении.

Операция токарная, переход 7.

12.1 Содержание перехода – точить торец **12** (черновое точение)

- 1 Длина готовой детали  $b = 37,3\text{мм}$
- 2 Длина заготовки  $B = 39,3\text{мм}$
- 3 Наибольший диаметр обрабатываемой поверхности  $D = 120\text{мм}$
- 4 Наименьший диаметр обрабатываемой поверхности  $d = 70\text{мм}$
- 5 Длина обрабатываемой поверхности  $l = (D - d) / 2 = 25\text{мм}$
- 6 Перебег инструмента  $l_2 = 1,5\text{мм}$
- 7 Материал заготовки Сталь 40х
- 8 Предел прочности материала заготовки 640МПа
- 9 Состояние поверхности заготовки - без корки
- 10 Материал резца - Т5К10
- 11 Главный угол в плане  $\varphi = 45^0$
- 12 Модель станка 16К20
- 13 Глубина резания, допустимая жесткостью системы СПИД  $t = 3\text{мм}$
- 14 Припуск на обработку  $z = B - b = 39,3 - 37,3 = 2,0\text{мм}$
- 15 Число проходов  $i = z / t = 2/3 \approx 1$
- 16 Глубина резания фактическая  $t_{\phi} = z / i = 2/1 = 2$
- 17 Выбор подачи по справочным таблицам  $S_T = 0,8\text{мм/об}$
- 18 Корректировка подачи по станку  $S_{\phi} = 0,8\text{мм/об}$
- 19 Скорость резания табличная  $V_T = 140\text{м/мин}$
- 20 Принятая стойкость инструмента  $T = 45\text{мин}$
- 21 Поправочный коэффициент,  $K_1 = 1,06$  ( для  $T = 45$  мин.)
- 22  $K_2 = 1,15$  ( для 640 МПа)
- 23  $K_3 = 1$  (для заготовки без корки)
- 24  $K_4 = 0,65$  ( для резца марки Т5К10 )

- 25  $K_5 = 1$  (для угла  $\varphi = 45^0$  )
- 26 Скорость резания, расчетная  
 $V_p = V_T * K_1 * K_2 * K_3 * K_4 * K_5 = 140 * 1,06 * 1,15 * 1 * 0,65 * 1 = 111 \text{ м/мин}$
- 27 Расчетное число оборотов  
 $n_{\text{расч}} = 1000 * V_p / \pi / D = 1000 * 111 / 3,14 / 120 = 294 \text{ об/мин}$
- 28 Корректировка числа оборотов по станку  $n_\phi = 250 \text{ об/мин}$
- 29 Фактическая скорость резания  
 $V_\phi = \pi * D * n_\phi / 1000 = 3,14 * 120 * 250 / 1000 = 94,2 \text{ м/мин}$
- 30 Путь врезания  $l_1 = t * \text{ctg } \phi = 2 * \text{ctg } 45^0 = 2 \text{ мм}$
- 31 Расчетная длина точения  $L = l_1 + l + l_2 = 2 + 25 + 1,5 = 28,5 \text{ мм}$
- 32 Основное технологическое время  
 $T_o = L * i / n / S = 28,5 * 1 / 250 / 0,8 = 0,14 \text{ мин}$

## 12.2 Содержание перехода – точить торец (12) (чистовое точение)

- 1 Длина готовой детали  $b = 36,6 \text{ мм}$
- 2 Длина заготовки  $B = 37,3 \text{ мм}$
- 3 Наибольший диаметр обрабатываемой поверхности  $D = 120 \text{ мм}$
- 4 Наименьший диаметр обрабатываемой поверхности  $d = 70 \text{ мм}$
- 5 Длина обрабатываемой поверхности  $l = (D - d) / 2 = 25 \text{ мм}$
- 6 Перебег инструмента  $l_2 = 1,5 \text{ мм}$
- 7 Материал заготовки Сталь 40х
- 8 Предел прочности материала заготовки 640 МПа
- 9 Состояние поверхности заготовки - без корки
- 10 Материал резца - Т15К6
- 11 Главный угол в плане  $\varphi = 45^0$
- 12 Модель станка 16К20
- 13 Глубина резания, допустимая жесткостью системы СПИД  $t = 1 \text{ мм}$
- 14 Припуск на обработку  $z = B - b = 37,3 - 36,6 = 0,7 \text{ мм}$
- 15 Число проходов  $i = z / t = 0,7 / 1 = 1$
- 16 Глубина резания фактическая  $t_\phi = z / i = 0,7 / 1 = 0,7$
- 17 Выбор подачи по справочным таблицам  $S_T = 0,25 \text{ мм/об}$

- 18   Корректировка подачи по станку  $S_{\phi} = 0,25\text{мм/об}$
- 19   Скорость резания табличная  $V_T = 210\text{м/мин}$
- 20   Принятая стойкость инструмента  $T = 90\text{мин}$
- 21   Поправочный коэффициент,  $K_1 = 0,92$  ( для  $T = 90$  мин.)
- 22    $K_2 = 1,15$  ( для 640 МПа)
- 23    $K_3 = 1$  (для заготовки без корки)
- 24    $K_4 = 1$  ( для резца марки Т15К6 )
- 25    $K_5 = 1$  (для угла  $\phi = 45^0$  )
- 26   Скорость резания, расчетная  
 $V_p = V_T * K_1 * K_2 * K_3 * K_4 * K_5 = 210 * 0,92 * 1,15 * 1 * 1 * 1 = 222\text{м/мин}$
- 27   Расчетное число оборотов  
 $n_{\text{расч}} = 1000 * V_p / \pi / D = 1000 * 222 / 3,14 / 120 = 590\text{об/мин}$
- 28   Корректировка числа оборотов по станку  $n_{\phi} = 500\text{об/мин}$
- 29   Фактическая скорость резания  
 $V_{\phi} = \pi * D * n_{\phi} / 1000 = 3,14 * 120 * 500 / 1000 = 188\text{м/мин}$
- 30   Путь врезания  $l_1 = t * \text{ctg } \phi = 0,7 * \text{ctg} 45^0 = 0,7\text{мм}$
- 31   Расчетная длина точения  $L = l_1 + l_2 = 0,7 + 25 + 1,5 = 27,2\text{мм}$
- 32   Основное технологическое время  
 $T_o = L * i / n / S = 27,2 * 1 / 500 / 0,25 = 0,21\text{мин}$

## **5 РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА № 5**

### **РАЗРАБОТКА МАРШРУТНОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН В УСЛОВИЯХ РЕМОНТНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

#### **5.1 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ**

##### **ПРЕДИСЛОВИЕ**

Технологический процесс проектируется для условий единичного и мелкосерийного производства на ремонтных предприятиях агропромышленного комплекса и должен предусматривать применение универсального оборудования, стандартного инструмента и приспособлений. Комплектность документации и её формы принимаются по ГОСТ 3.1118–82 для единичного маршрутного технологического процесса.

#### **1 СОДЕРЖАНИЕ МАРШРУТНОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА**

- 1.1 Чертеж детали (на формате А4)
- 1.2 Чертеж заготовки (на формате А4)
- 1.3 Анализ чертежа детали.

Описание геометрической формы детали и способа её получения на станках. Требования чертежа детали по точности размеров и шероховатости поверхностей, технологические возможности выполнения этих требований. Материал детали, его механические свойства и химический состав, обрабатываемость резанием и возможная термическая обработка. Составление предварительного технологического маршрута.

- 1.4 Выбор вида и расчет размеров заготовки.

Обоснование выбора способа получения заготовки и расчет её основных размеров.

- 1.5 Разработка маршрутной технологии
  - 1.5.1 Выбор черновых и чистовых баз
  - 1.5.2 Определение очередности обработки поверхностей
  - 1.5.3 Расчет межоперационных размеров.

Расчет межоперационных размеров для основных поверхностей детали, составление расчетной схемы для размеров по длине (ширине) детали.

- 1.5.4 Разработка маршрутной карты.

Обоснование принятой последовательности выполнения операций, выбор станочного оборудования, станочных приспособлений, режущего инструмента, средств измерений и заполнение бланка маршрутной карты.

- 1.6 БИБЛИОГРАФИЯ

## 2 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЯ

Работа студента над заданием начинается с изучения рабочего чертежа детали, анализа ее технологичности. Затем выбирается вид заготовки, рассчитываются ее размеры, и разрабатывается чертеж. Далее составляется маршрут обработки детали, отвечающий условиям единичного и мелкосерийного производства.

К окончательному оформлению работы студент (очного обучения) приступает только после просмотра рабочей тетради преподавателем.

## 3 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ОТДЕЛЬНЫХ РАЗДЕЛОВ ЗАДАНИЯ

### 3.1 Анализ чертежа детали

Разработка технологического процесса начинается с ознакомления с чертежом и техническими условиями на деталь. Оценивается геометрическая форма детали и способы её получения на станках. Особое внимание следует обратить на размеры и их допускаемые отклонения, требования по классу шероховатости, твердость готовой детали и марку материала. При этом следует иметь в виду, что у некоторых размеров конструктор допуски на чертеже не проставляет. Это так называемые свободные размеры. Указания по назначению допусков на эти размеры приводятся в технических условиях чертежа. Если таких указаний нет, то допускаемые отклонения размеров берутся по 12-14 квалитетам точности.

Анализ размеров и технических условий позволит составить примерное представление о плане обработки детали.

Конструкция современных изделий должна сочетать высокие эксплуатационные характеристики с низкой себестоимостью изготовления. Деталь считается технологичной тогда, когда обеспечивается снятие минимального припуска на обработку. Это значит, что конструкция позволит выбрать заготовку, формы и размеры которой приближаются к формам и размерам готовой детали. Технологичная конструкция имеет минимальную трудоёмкость изготовления, не требует применения специального оборудования и инструментов.

Технологичность формы детали зависит от степени соответствия следующим требованиям: 1) простота форм поверхностей, (цилиндр, плоскость); 2) удобное для механической обработки расположение плоских поверхностей (параллельное или взаимно–перпендикулярное); 3) возможность получения заданных форм нормальным (ГОСТированным) инструментом; 4) доступность поверхностей для обработки и измерений; 5) обеспечение выхода инструмента при обработке на поход; 6) равномерное распределение массы во избежание возможных вибраций на высоких скоростях.



После оценки технологичности формы детали следует оценка по критерию обрабатываемости материала. Для этого необходимо определить по справочным данным химический состав металла и его механические свойства (в состоянии поставки). Плохо обрабатываются лезвийным инструментом металлы и сплавы с повышенной пластичностью и высокопрочные. Детали из низкоуглеродистых сталей (С до 0,3%) невозможно обработать с высокой частотой поверхности (только до 6-го класса). Более твёрдые материалы хорошо шлифуются, класс чистоты достигается выше. Лучшая обрабатываемость низкоуглеродистых сталей обеспечивается путём их нормализации, среднеуглеродистых и низколегированных – улучшением. Стали с высоким содержанием углерода (У10, У12) хорошо обрабатываются после отжига на зернистый перлит.

Такая оценка обрабатываемости материала позволит внести предложения по выбору вида предварительной термообработки заготовки детали.

Технологичность детали во многом определяется и требованиями к точности исполнения размеров и форм, классами шероховатости поверхностей, твёрдостью детали после термообработки. Для обеспечения высокой степени точности размеров и качества поверхности потребуются предусмотреть в технологическом процессе отделочные виды обработки с применением специального оборудования и инструмента. Высокая твёрдость деталей из малоуглеродистых сталей может быть достигнута только в результате операции химико-термической обработки. Всё это усложняет и удорожает технологический процесс изготовления деталей.

На основании проделанного анализа чертежа детали составляется предварительный технологический маршрут.

Заканчивается данный раздел задания общим выводом о технологичности детали.

### 3.2 Выбор способа получения заготовки и расчет её размеров

В машиностроении под заготовкой детали принято понимать полуфабрикат, поступающий на механическую обработку, в результате чего он превращается в годную для сборки готовую деталь.

Применяются следующие основные виды заготовок:

- а) отливки, получаемые литьём в песчаные или металлические формы, или заготовленные по выплавляемым моделям и другими способами формовки;
- б) поковки, получаемые свободной ковкой;
- в) поковки, получаемые горячей штамповкой или периодическим прокатом;
- г) заготовки, полученные высадкой из прутка;
- д) сортовой прокат (горячекатаный или калиброванный).

При выборе вида заготовки руководствуются следующими соображениями: обеспечить наименьший расход металла при изготовлении заготовок и при последующей их обработке на металлорежущих станках; обеспечить наименьшие затраты труда и средств на получение заготовок и на

последующую их обработку на станках. Чем больше заготовки приближаются по форме и размерам к формам готовых деталей, чем меньше трудоёмкость механической обработки, тем механическая обработка проще и дешевле. Однако повышение точности изготовления заготовок связано с удорожанием процессов их получения. Только при больших программах выпуска окупается применение сложных машин и дорогостоящей оснастки заготовительных цехов. В условиях мелкосерийного и ремонтного производства предприятий Агропрома, как правило, применяются грубые заготовки со значительными припусками на механическую обработку.

Большую роль в выборе вида заготовки играет материал детали. Заготовку детали из чугуна можно получить только литьём. А заготовку стальной детали можно получить и литьём, и ковкой. Но кованая заготовка будет дешевле и, следовательно, экономичнее. Стальное литьё целесообразно использовать только для изготовления деталей сложной формы.

Размеры заготовки определяются с учётом припусков на механическую обработку. Существуют два основных метода расчёта размеров заготовки.

1 – по общему припуску;

2 - по сумме операционных припусков.

Первый метод самый простой, но наименее точный. Размер заготовки “Азаг” определяется прибавлением (для внутренних поверхностей – вычитанием) к чертёжному размеру готовой детали “Адет” величины общего припуска “Z”.

$$\text{Азаг} = (\text{Адет} \pm Z) \pm T \text{Азаг}$$

Размер заготовки на чертеже указывается с допускаемыми отклонениями  $\pm T \text{Азаг}$ .

Для отливок из серого чугуна величины припусков указаны в ГОСТ 1855–55; для стальных литых заготовок – в ГОСТ 2009–55; для поковок, получаемых свободной ковкой на прессах – в ГОСТ 1082–67; для поковок, получаемых свободной ковкой на молотах – в ГОСТ 7829–70; для поковок, получаемых штамповкой – в ГОСТ 2789–73. В этих же стандартах указаны величины допускаемых отклонений размеров заготовок.

Второй метод более точный. По этому методу размер заготовки определяется прибавлением (вычитанием) к размеру детали операционных припусков на соответствующую механическую обработку и «отрицательного» допуска на размер заготовки.

$$\text{Азаг} = \text{Адет} \pm Z_1 \pm Z_2 \pm Z_3 \pm [-T \text{Азаг}],$$

где  $Z_1$  – припуск на окончательную обработку (шлифование, полирование, развёртывание и т.д.)

$Z_2$  – припуск на чистовую обработку (чистовое точение, фрезерование, зенкерование и т.д.)

$Z_3$  – припуск на черновую обработку (черновое точение, грубое фрезерование, рассверливание и т.д.)

$[T \text{Азаг}]$  – величина допускаемого отклонения размера заготовки «в тело» (допуск на заготовку).

Второй метод наиболее целесообразен при расчётах заготовок из стандартного проката.

При расчетах размеров заготовки по длине (ширине) детали учитываются припуски для каждого торца в отдельности с учетом обеспечения требуемой шероховатости и точности готовой детали.

$$V_{\text{заг}} = V_{\text{дет}} + Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_1 + Z_2 + Z_3 + TV_{\text{заг}},$$

После выбора способа получения заготовки и расчёта её основных размеров приступают к разработке чертежа.

Для этого на контуры детали (не принимая во внимание мелкие фаски, канавки, незначительные перепады диаметров и т.д.) «одевают» в условном масштабе требуемые припуски на обработку. Полученные контуры заготовки уточняют нанесением литейных или штамповочных уклонов и скруглений.

При расчётах заготовок из проката, например, для ступенчатого вала, расчёт размеров ведут только для наибольшего диаметра и по полученному размеру подбирают ближайший размер круглого проката по стандарту.

Чертёж заготовки оформляется на формате А4. Размеры указываются с допустимыми отклонениями. Под размером заготовки в квадратных скобках записывается номинальный размер готовой детали. Контуры готовой детали обозначаются тонкими линиями.

В технических условиях необходимо привести следующие данные:

- а) способ получения заготовки;
- б) вид её термообработки (если требуется);
- в) твёрдость (в состоянии поставки);
- г) вид очистки заготовки;
- д) величины уклонов и радиусов скруглений;
- е) допускаемые или не допускаемые дефекты.

После разработки чертежа заготовки необходимо определить коэффициент использования металла:  $K = \frac{P_d}{P_3}$ ,

где  $P_d$  – вес готовой детали

$P_3$  – вес заготовки

### 3.3. Разработка маршрутной технологии

#### 3.3.1 Общие рекомендации

Маршрутная технология показывает последовательность обработки детали, т.е. очередность проведения технологических операций. Содержание технологического процесса зависит от ряда факторов: 1) форм и размеров обрабатываемой заготовки, 2) требуемой точности и класса чистоты обрабатываемой поверхностей, 3) материала заготовки, 4) требуемых физико-механических свойств готовой детали, обуславливающих характер термической обработки, 5) программы выпуска деталей, 6) наличие станочного парка.

Так, грубые заготовки с большими припусками требуют включения в технологический процесс этапа черновых операций. При обработке

высокоточных заготовок, например, литья по выплавляемым моделям, отпадает необходимость в ряде операций и технологический процесс значительно сокращается. Высокие требования точности и класса чистоты готовой детали обуславливаются увеличением числа чистовых и отделочных операций.

Когда требуется, в целях улучшения обрабатываемости, изменить механические свойства материала заготовки, до начала механической обработки проводят соответствующую термическую операцию – нормализацию или отжиг.

Термическая обработка, предназначенная для получения требуемых физико-механических свойств готовой детали, может проводиться в начале, в середине или в конце технологического процесса. При этом надо учитывать, что термообработка может вызвать коробление детали, искажение её геометрических форм, нарушение точности и чистоты поверхности. Металлы с твёрдостью до НРС 30...35 можно обрабатывать лезвийным инструментом, более твёрдые – абразивным, на операциях шлифования и т.п. Поэтому наиболее часто термообработку планируют между операциями механической обработки, когда закончен этап лезвийного резания и далее должны проводиться операции с применением абразивного инструмента.

Если по техническим условиям твёрдость готовой детали невысокая, то термообработке целесообразно подвергать исходную заготовку или деталь после этапа черновой обработки.

Когда к детали не предъявляются высокие требования по шероховатости и точности, то термообработку можно проводить после окончания механической обработки, в конце технологического процесса.

Программы выпуска деталей, определяющие тип производства, накладывают свой отпечаток на характер проектируемого технологического процесса, начиная от выбора способа получения заготовки и заканчивая методами контроля готовой детали. Для крупносерийного и массового производства проектируются высокопроизводительные методы обработки – протягивание, обработка на станках – автоматах и автоматических линиях. В единичном производстве уровень производительности и выбор методов обработки ограничен технологическими возможностями наличного парка широкоуниверсальных металлорежущих станков.

В проектируемом технологическом процессе обработки крупных деталей должно быть предусмотрено раздельное выполнение черновых, чистовых и отделочных операций с использованием разных станков. Так, для черновых операций, связанных со снятием наибольших припусков на обработку, следует использовать станки, не отличающиеся высокой точностью и высокими скоростями, но имеющие достаточную жесткость и обеспечивающие хорошую производительность. Для чистовых операций используют высокоскоростные станки, обладающие повышенной точностью.

В тех случаях, когда способы получения заготовок обеспечивают небольшие и достаточно равномерные припуски, не вызывающие резкой разницы в черновой и чистовой обработке, а также при обработке мелких деталей, разделение на черновые и чистовые операции не обязательно.

### 3.3.2 Выбор черновых и чистовых баз

Одной из важнейших задач, решаемых при проектировании технологических процессов механической обработки, является выбор установочных баз– базовых поверхностей, по которым производится ориентирование, установка или крепление на станке детали. От точности базирования зависит успех обработки. Установочными базами могут быть необработанные поверхности – черновые базы и обработанные поверхности– чистовые базы.

Базирующие поверхности должны быть по возможности ровными и чистыми, точной формы и размеров. Если у детали обрабатываются не все поверхности, то за черновую базу следует принимать поверхности, остающиеся необработанными. Если у детали обрабатываются все поверхности, то в качестве черновой базы следует принимать ту поверхность, которая имеет наименьший припуск.

Черновые базы используются только один раз – в первой операции. При первой же операции рекомендуется обработать поверхности, которые в последующих операциях будут использоваться как чистовые базы. В дальнейшем необходимо придерживаться принципа постоянства баз – для всех операций использовать одни и те же установочные базы.

При обработке деталей типа «вал» обычно за чистовую базу принимают центровочные отверстия. Для деталей типа «кольцо» (шестерни, шкивы, маховики) за чистовую базу принимают центральное отверстие.

### 3.3.3 Определение очередности обработки поверхностей

Базовые поверхности обрабатываются в первую очередь.

После обработки базовых поверхностей следует обработать поверхности, где снимается наибольший припуск. Желательно также раньше обрабатывать те поверхности деталей, где возможно выявление скрытого брака заготовки (раковины, расслоения и др.).

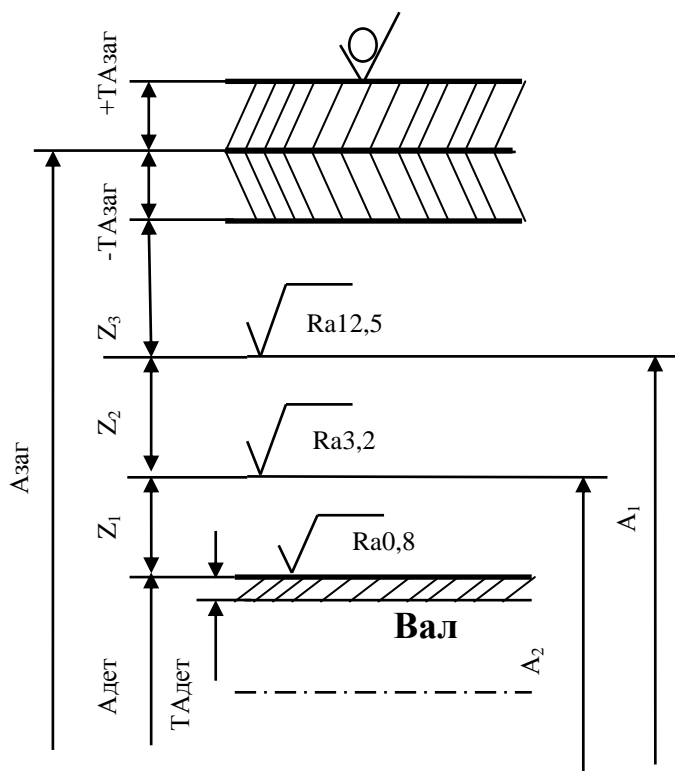
Последовательность остальных операций следует устанавливать в зависимости от заданной чертежом формы, точности и чистоты обрабатываемой поверхности. Обычно токарная обработка поверхностей вращения предшествует фрезерованию пазов, лысок и канавок. Наиболее чистые и точные поверхности должны обрабатываться в последнюю очередь. Это уменьшает возможность повреждения обработанных поверхностей.

Термическая обработка обычно проводится после завершения этапа лезвийного резания (точения, сверления, фрезерования и т.п.). Если твердость готовой детали невысокая, то термическую обработку рекомендуется проводить для исходной заготовки или после этапа черновой обработки. Отделочные операции располагают в конце цикла обработки.

### 3.3.4 Расчет межоперационных размеров

Межоперационные размеры рассчитывают для основных поверхностей и затем проставляют на операционных эскизах. Эти размеры показывают

постепенное изменение размеров заготовки по всем этапам технологического процесса. Размеры рассчитываются в соответствии со схемами, представленными на рисунках 1,2 и 3.



Адет – размер готовой детали

Азаг – размер заготовки

$Z_1$  – припуск на окончательную обработку

$Z_2$  – припуск на чистовую обработку

$Z_3$  – припуск на черновую обработку

$A_1$  – размер после черновой обработки

$A_2$  – размер после чистовой обработки

$T_{Адет}$  – допуск на размер готовой детали

$\pm T_{Азаг}$  – допуски на размер заготовки

Рисунок 1. Расчетная схема для вычисления межоперационных размеров при обработке вала

Размер вала после чистовой обработки перед окончательной « $A_2$ » вычисляется путем прибавления к максимальному размеру готовой детали припуска на окончательную обработку  $Z_1$

$$A_2 = A_{дет \max} + Z_1$$

Размер после черновой обработки перед чистовой « $A_1$ » вычисляется путем прибавления к максимальному размеру готовой детали припуска на окончательную обработку  $Z_1$  и припуска на чистовую обработку  $Z_2$ .

$$A_1 = A_{дет \max} + Z_1 + Z_2$$

При расчетах межоперационных размеров отверстия припуски и допускаемые отклонения вычитаются от минимального размера готовой детали.

Размер отверстия после чернового растачивания:

$$A_1 = A_{дет \min} - Z_1 - Z_2$$

Размер отверстия после чистового растачивания:

$$A_2 = A_{дет \min} - Z_1$$

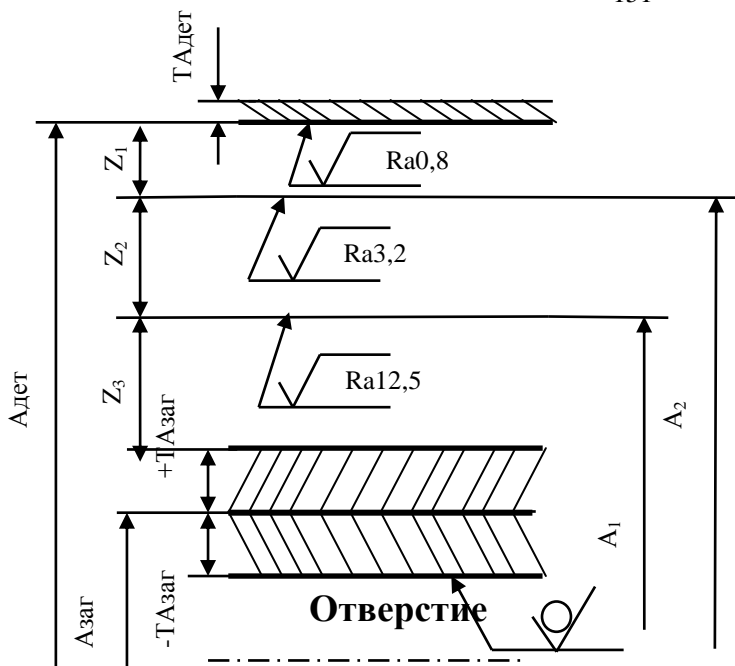


Рисунок 2. Расчетная схема для вычисления межоперационных размеров при обработке отверстия

$A_{дет}$  – размер отверстия готовой детали

$A_{заг}$  – размер отверстия заготовки

$Z_1$  – припуск на окончательную обработку

$Z_2$  – припуск на чистовую обработку

$Z_3$  – припуск на черновую обработку

$A_1$  – размер после чернового растачивания

$A_2$  – размер после чистового растачивания

$TA_{дет}$  – допуск на размер готовой детали

$\pm TA_{заг}$  – допуски на размер отверстия заготовки

Межоперационные размеры по длине (ширине) детали рассчитываются с учетом последовательности обработки торцевых поверхностей (рис.3,4).

При обработке крупногабаритных заготовок с большими припусками рекомендуется черновую и чистовую обработку проводить отдельно, перезакрепляя заготовку.

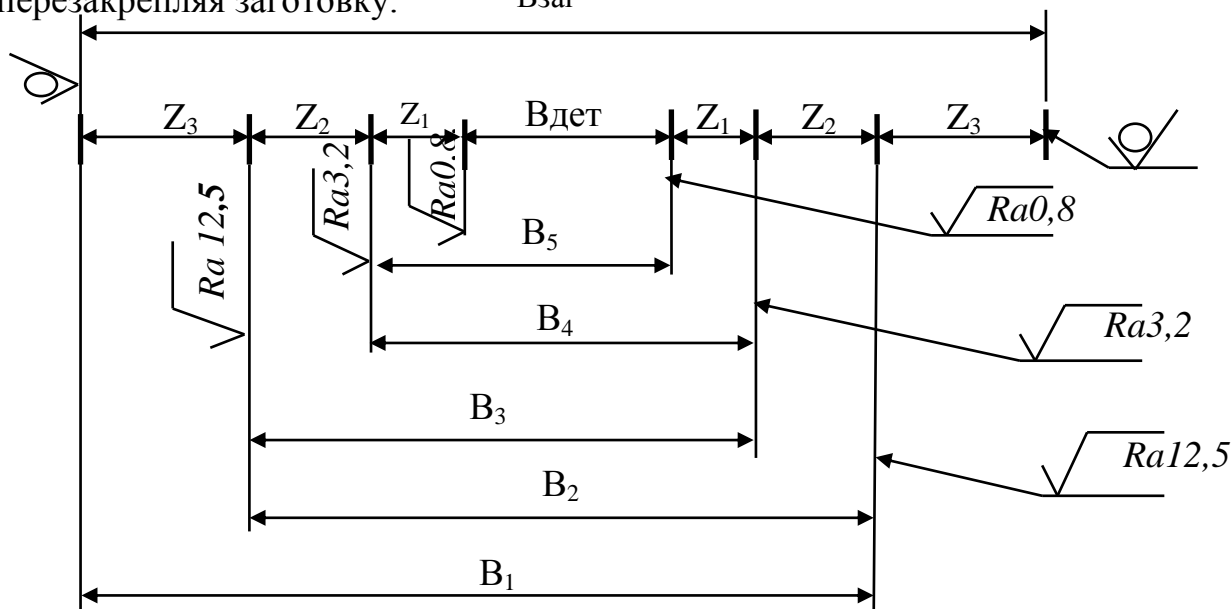


Рисунок 3. Расчетная схема для вычисления межоперационных размеров при обработке торцевых поверхностей, при разделении черновых и чистовых операций.  $B_{дет}$  – размер готовой детали;  $B_{заг}$  – размер заготовки;  $Z_1$  – припуск на окончательную обработку;  $Z_2$  – припуск на чистовую обработку;  $Z_3$  – припуск на черновую обработку;  $B_1 B_2$  – размеры после черновой обработки;  $B_3 B_4$  – размеры после чистовой обработки;  $B_5$  – размер после окончательной обработки одного торца.

Размер после черновой обработки одного торца (при первом закреплении):

$$B_1 = B_{\text{дет}} + Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_1 + Z_2$$

Размер после черновой обработки второго торца (при втором закреплении):

$$B_2 = B_{\text{дет}} + Z_1 + Z_2 + Z_1 + Z_2$$

Размер после чистовой обработки одного торца (при третьем закреплении):

$$B_3 = B_{\text{дет}} + Z_1 + Z_2 + Z_1$$

Размер после чистовой обработки второго торца (при четвертом закреплении):

$$B_4 = B_{\text{дет}} + Z_1 + Z_1$$

Размер после шлифования одного торца:  $B_5 = B_{\text{дет}} + Z_1$

После шлифования второго торца будет получен размер готовой детали  $B_{\text{дет}}$ .

Если обрабатывается заготовка с небольшими припусками, то расчетная схема будет такая:

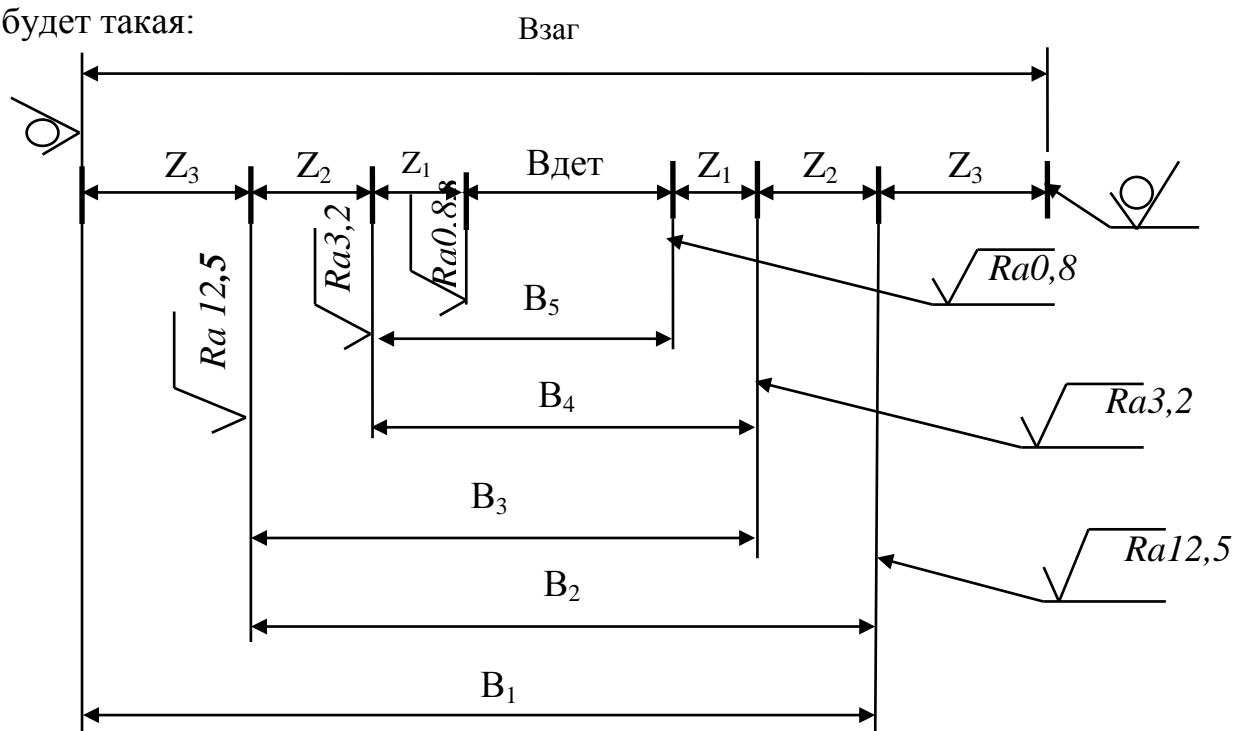


Рисунок 4. Расчетная схема для вычисления межоперационных размеров при обработке торцевых поверхностей при выполнении черновых и чистовых проходов за одну установку.  $B_{\text{дет}}$ – размер готовой детали;  $B_{\text{заг}}$ – размер заготовки;  $Z_1$ – припуск на окончательную обработку;  $Z_2$ –припуск на чистовую обработку;  $Z_3$ – припуск на черновую обработку;  $B_1 B_2$ – размеры после черновой обработки;  $B_3 B_4$ –размеры после чистовой обработки;  $B_5$ – размер после окончательной обработки одного торца

Размер после черновой обработки одного торца (первое закрепление):

$$B_1 = B_{\text{дет}} + Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_1 + Z_2$$

Размер после чистовой обработки этого же торца:

$$B_2 = B_{\text{дет}} + Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_1$$

Размер после черновой обработки второго торца (второе закрепление):

$$B_3 = B_{\text{дет}} + Z_1 + Z_2 + Z_1$$

Размер после чистовой обработки второго торца:  $B_4 = B_{\text{дет}} + Z_1 + Z_1$



Размер после шлифования одного торца:  $B_5 = B_{дет} + Z_1$   
 После шлифования второго торца будет получен размер готовой детали  $B_{дет}$ .

### 3.3.5 Разработка маршрутной карты

#### 3.3.5.1 Правила оформления маршрутной карты

Маршрутная карта на единичные технологические процессы, выполняемые с применением различных методов обработки, заполняется на бланках форм 1 и 1б по ГОСТ 3.П18-82.

На примере, приведенном на рисунке, показано заполнение граф бланка маршрутной карты формы 1.

Исходные данные:

Название организации или предприятия	<b>Башкирский ГАУ</b>
Номер детали по чертежу или каталогу	<b>22с-4</b>
Название детали	<b>Гайка</b>

Далее все строки пронумерованы по порядку с 01 по 16 на листе формы 1 (первый заглавный лист) и с 17 и т.д. на листах формы 1в (последующие листы).

Перед номером строки проставляются служебные символы:

Символ	Содержание	Пример
<b>М</b>	- в данной строке приводится информация об основном материале детали и исходной заготовке.	<b>Круг В120 ГОСТ 2590-88/ 45 ГОСТ 1050-88</b>
<b>А</b>	- «адрес», т.е. номер цеха, участка, рабочего места, номер выполняемой операции и её название.	<i>Аудитория 137 Номер операции 005 Название операции Отрезная</i>
<b>Б</b>	- наименование оборудования	<b>Механическая пила</b>
<b>О</b>	- содержание операции	<b>Отрезать заготовку <math>L = 43_{-1,0}</math></b>
<b>Т</b>	- информация о применении в данной операции технологической оснастки: приспособления, режущего инструмента, средств измерений	<b>Тиски, пила 450x2,5, шаблон</b>

Между операциями следует оставлять свободную строку.

#### 3.3.5.2 Выбор станочного оборудования

При выборе типа и модели оборудования следует руководствоваться следующими соображениями.

а) выбранный станок должен обеспечивать выполнение всех требований чертежа и технических условий на обработку детали по данной операции;

б) размеры станка должны соответствовать размерам обрабатываемой детали. Так, например, для токарного станка необходимо сопоставить с габаритами заготовки межцентровое расстояние, диаметр отверстия шпинделя, высоту центров над станиной и поперечными салазками;

в) производительность и универсальность станка должны соответствовать типу производства: в единичном и мелкосерийном производстве предпочтение отдаётся широкоуниверсальным станкам, в крупносерийном и массовом – специализированным, имеющим высокую производительность .

#### 3.3.5.3 Выбор станочных приспособлений

При подборе приспособления для установки и закрепления обрабатываемой детали следует, по возможности, использовать нормальные и стандартные приспособления: токарные самоцентрирующиеся патроны, машинные тиски, универсальные делительные головки, гладкие и вращающиеся центры и т.д. Выбор вида приспособления и его типоразмера обуславливается характером станочной обработки, конфигурацией и размерами деталей, местами расположения установочных баз и способов зажатия детали. Данные о приспособлении приводятся в справочниках /2/, /3/.

В ряде случаев приходится планировать применение специальных приспособлений и вспомогательных инструментов. Так, для обработки деталей типа кольца и втулки используются гладкие, легкоконусные или разжимные цанговые оправки. В целях повышения производительности обработки на токарных станках устанавливаются специальные державки, позволяющие вести обработку несколькими резцами одновременно.

#### 3.3.5.4 Выбор режущих инструментов

При выборе режущего инструмента предпочтение также делается ГОСТированному и нормальному. Марка материала режущей части назначается в зависимости от материала детали и характера обработки (черновая, чистовая и т.д.). В целях обеспечения высокой производительности преимущественно используются металлокерамические твердые сплавы. Для обработки углеродистых конструкционных и легированных сталей применяются сплавы группы ТК, нержавеющей сталей, чугунов, бронзы и алюминиевых сплавов – группы ВК.

Быстрорежущие стали имеют меньшую теплостойкость и поэтому применяются на пониженных скоростях резания. Но они лучше затачиваются, легче восприимчивы к ударным нагрузкам. Из них изготавливают фасонные резцы, сверла, развертки и т.д.

#### 3.3.5.5 Выбор средств измерений

Выбор средств измерений зависит требуемой точности выполняемых размеров. На токарных операциях используются штангенциркули и микрометры, на шлифовальных – микрометры.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. В.А. Оськин, В.В. Евсиков Материаловедение. Технология конструкционных материалов. Кн. 1. – М.: КолосС, 2007. – 447 с.
2. Материаловедение. Технология конструкционных материалов. Кн. 2. [В.Ф. Карпенков и др.]. – М.: КолосС, 2006. – 312 с.
3. Справочник технолога-машиностроителя

ПРИЛОЖЕНИЕ А  
Справочные таблицы

Таблица А1. Шероховатость поверхности и качества точности при  
различных видах обработки деталей резанием

Вид обработки		Шероховатость Ra	Квалитеты	
			Экономич.	Достижим.
Отрезка на станках	мех. пилой	25...100	15...17	-
	резцом, фрез.	25...50	14...17	-
Подр. торцев	резцом	3,2...12,5	11...13	9
Строгание	черновое	12,5...25	12...14	-
	чистовое	3,2...6,3	11...13	10
Долбление	черновое	25...50	14,15	-
	чистовое	3,2...12,5	12,13	11
Фрезерован. цилиндрич.	черновое	25...50	12...14	11
	чистовое	3,2...6,3	11	10
Фрезерован. торцевое	черновое	6,3...12,5	12...14	11
	чистовое	3,2...6,3	11	10
Обтачивание прод. подач.	черновое	12,5...25	12...14	-
	чистовое	1,6...3,2	8,9	7
Обтачивание попер.подач.	черновое	12,5...25	14,15	-
	чистовое	3,2	11...13	9
Растачивание	черновое	12,5...25	12...14	-
	чистовое	1,6...3,2	8,9	7
Сверление	до 15 мм	6,3...25	12...14	10...11
	св. 15 мм	12,5...25	12...14	-
Зенкерование	черновое	12,5...25	12...14	-
	чистовое	3,2...6,3	10...11	9
Развертывание	получистов.	6,3...12,5	9,10	8
	чистовое	1,6...3,2	7,8	-
Протягивание	получист.	6,3	8,9	-
	чистовое	1,25...3,2	7,8	-
Шлифование круглое	получистов.	3,2...6,3	8...11	-
	чистовое	0,8...1,6	6...8	-
Шлифование плоское	получистов.	3,2	8...1	-
	чистовое	0,8...1,6	6...8	-
Притирка	чистовая	0,4...3,2	6...7	-
	тонкая	0,1...1,6	5	-
Полирование	обычное	0,2...1,6	6	-
	тонкое	0,05...0,1	5	-
Хонингован.	цилиндрич.	0,05...0,2	7	6
Суперфиниш.	цилиндрич.	0,1...0,4	5	-
Шабрение	грубое	1,6...6,3	11	-
	тонкое	0,4...0,8	8,9	6,7

Таблица А2 Припуски и допуски на стальные литые заготовки

Наибольший габаритный размер и, мм	Положение поверхности	Номинальный размер, мм				
		До 50	50-120	120-250	250-500	500-800
до 120	Верх	4±0,5	4±0,8			
	низ,бок	4±0,5	4±0,8			
Св.120 до 250	Верх	5±0,5	5±0,8	6±1,0		
	низ,бок	4±0,5	4±0,8	4±1,0		
Св.250 до 500	Верх	6±0,8	6±1,0	7±1,2	7±1,5	
	низ,бок	5±0,8	5±1,0	5±1,2	6±1,5	
Св.500 до 800	Верх	7±1,0	7±1,2	8±1,5	9±2,0	10±2,5
	низ,бок	5±1,0	5±1,2	6±1,5	6±2,0	7±2,5
Св.800 до 1250	Верх	8±1,0	8±1,5	9±1,5	10±2,0	10±2,5
	низ,бок	6±1,0	6±1,5	7±1,5	7±2,0	8±2,5

Таблица А3 Припуски и допуски на литые заготовки из серого чугуна

Наибольший габаритный размер детали, мм	Положение поверхности	Номинальный размер, мм				
		До 50	50-120	120-250	250-500	500-800
до 120	Верх	3,5±0,5	4,0±0,8			
	низ,бок	2,5±0,5	3,0±0,8			
Св.120 до 250	Верх	4,0±0,5	4,5±0,8	5,0±1,0		
	низ,бок	3,0±0,5	3,5±0,8	4,0±1,0		
Св.250 до 500	Верх	4,5±0,8	5,0±1,0	6,0±1,2	6,5±1,5	
	низ,бок	3,5±0,8	4,0±1,0	4,5±1,2	5,0±1,5	
Св.500 до 800	Верх	5,0±1,0	6,0±1,2	6,5±1,5	7,0±2,0	7,5±2,5
	низ,бок	4,0±1,0	4,5±1,2	4,5±1,5	5,0±2,0	5,5±2,5
Св.800 до 1250	Верх	6,0±1,0	7,0±1,5	7,0±1,5	7,5±2,0	8,0±2,5
	низ,бок	4,0±1,0	5,0±1,5	5,0±1,5	5,5±2,0	5,5±2,5

Таблица А4 Припуски и допуски на поковки

Диаметр или ширина детали, мм	Размер детали под припуск	Высота детали, мм					
		До 50	50-65	65-80	80-100	100-125	125-180
до 50	Высота	6±2	6±2	7±2			
	Диам., ширина	6±2	6±2	7±2			
50...80	Высота	6±2	7±2	8±2	9±2	9±2	
	Диам., ширина	7±2	7±2	8±2	9±2	9±2	
80...100	Высота	7±2	8±2	8±2	9±2	10±2	11±2
	Диам., ширина	8±2	8±2	9±2	10±2	10±2	11±3
	Отверст	14±2	15±2	15±2	16±2	16±2	17±3
100...150	Высота	7±2	8±2	8±2	9±2	10±2	11±3
	Диам., ширина	9±2	9±2	10±2	11±2	11±2	12±4
	Отверст	15±2	16±2	16±2	17±2	17±2	18±4

Таблица А5 Припуски на черновое обтачивание валов из проката, мм

Диаметр детали	Длина вала				
	до 100	100...400	400...800	800..1200	1200...160
8...18	3,0	3,0	4,0	-	-
18...30	3,5	3,5	4	4,5	5
30...50	4	4,5	5	5,5	6
50...80	4	4,5	5,5	6	6,5
80...120	5,5	6	7	7,5	8,5
120...200	6	7	7,5	8,5	9

Таблица А6 Припуски на чистовое обтачивание валов , мм

Диаметр детали	Длина вала				
	до 100	100...400	400...800	800..1200	1200...160
8...18	1,2	1,5	1,5	-	-
18...30	1,5	1,5	2	2	2,5
30...50	1,5	1,5	2,	2	2,5
50...80	2	2	2	2,5	3
80...120	2	2	2,5	2,5	3
120...200	2	2,5	2,5	3	3

Таблица А7 Припуски на центровое шлифование сырых валов , мм

Диаметр детали	Длина вала				
	до 100	100...250	250...500	500...800	800...1200
до 10	0,2	0,3	0,3	0,4	-
10...18	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5
18...30	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6
30...50	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6
50...80	0,4	0,4	0,5	0,6	0,7
80...120	0,5	0,6	0,6	0,7	0,7
120...180	0,5	0,6	0,6	0,7	0,8

Примечание: для закаливаемых валов припуск увеличивается на 0,1...0,3 мм

Таблица А8 Припуски по длине на различные виды резки, мм

Диаметр заготовки	Ширина резки			Припуск на подрезку 1 торца
	Пилой	Фрезой	резцом	
20	2,5	2	3	1
30	2,5	2	3,5	1,5
45	2,5	2	4	1,5
75	2,5	2	4	1,5
100	2,5	3	5	2
150	2,5	3	6	2

Таблица А9 Припуски на чистовое подрезание торцев и уступов, мм

Диаметр заготовки	Длина вала				
	до 18	18...50	50...120	120...260	260...500
до...30	0,4	0,5	0,7	0,8	1
30...50	0,5	0,6	0,7	0,8	1
50...120	0,6	0,7	0,8	1	1,2
120...250	0,7	0,8	1	1	1,2
свыше 250	0,8	0,9	1	1,2	1,4

Таблица А10 Припуски на шлифование торцев после чистовой подрезки, мм

Диаметр торца	Длина вала				
	до 30	30...50	50...80	80...120	120...180
до...30	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3
30...120	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4
120...150	0,3	0,3	0,4	0,5	0,5

Таблица А11 Размеры и предельные отклонения проката, горячекатанная сталь.

Круглая									Шестигранная						Допуск	
															+	-
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
5	5,5	6	6,3	6,5	7	8	9	10	8	9	10	11	12	13	0,3	0,5
11	12	13	14	15	16	17	18	19	14	15	16	17	18	19	0,3	0,5
20	21	22	23	24	25				20	21	22	23	24	25	0,4	0,5
26	27	28	29	30	31	32	33	34	26	28	30	32	34	36	0,4	0,7
35	36	37	38	39	40	41	42	43	38	40	42	46	48		0,4	0,7
44	45	46	47	48											0,4	0,7
50	52	53	54	55	56	58			50	52	55				0,4	1,0
60	62	63	65	67	68	70	72	75	60	63	65	70	75		0,5	1,1
78															0,5	1,1
80	82	86	90	96					80	85	90	95			0,5	1,3
100	105	110	115						100						0,6	1,7
120	125	130	135	140	150										0,8	2,0
160	170	180	190	200											0,8	2,5
210	220	230	240	250											1,2	3,0

Таблица А12 Числовые значения допусков ГОСТ 25346 - 89

Интервалы размеров, мм	Значения допусков для качеств, мкм													
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
До 3				10	14	25	40	60	100	140	250	400	600	1000
Св. 3 до 6	4	5	8	12	18	30	48	75	120	180	300	480	750	1200
Св. 6 до 10	4	6	9	15	22	36	58	90	150	220	360	580	900	1500
Св. 10 до 18	5	8	11	18	27	43	70	110	180	270	430	700	1100	1800
Св.18 до 30	6	9	13	21	33	52	84	130	210	330	520	840	1300	2100
Св.30 до 50	7	11	16	25	39	62	100	160	250	390	620	1000	1600	2500
Св.50 до 80	8	13	19	30	46	74	120	190	300	460	740	1200	1900	3000
Св.80 до 120	10	15	22	35	54	87	140	220	350	540	870	1400	2200	3500
Св.120 до 180	12	18	25	40	63	100	160	250	400	630	1000	1600	2500	4000
Св.180 до 250	14	20	29	46	72	115	185	290	460	720	1150	1850	2900	4600
Св.250 до 315	16	23	32	52	81	130	210	320	520	810	1300	2100	3200	5200
Св.315 до 400	18	25	36	57	89	140	230	360	570	830	1400	2300	3600	5700
Св.400 до 500	20	27	40	63	97	155	250	400	630	970	1550	2500	4000	6300

Таблица А13 Технические характеристики станков токарной группы, мм

Параметры	Модель станка					
	16Б16А	16К20	16К25	1М63	16К50	1А670
Наибольший диаметр обр. заготов: над стан. над суппортом	320	400	500	630	1000	2000
	180	220	290	350	600	1600
Наиб. диаметр прутка, проход. ч/з отв. шпинд.	36	53	53	65	100	-
Наибольшая длина обработ. заготовки	750	1400	1400	2800	-	10000
Частота вращения шпинделя, об/мин	20 -2000	12,5 - 1600	12,5 - 1600	10 - 1200	2,5 - 500	1 - 125
Число скор. шпинделя	21	22	22	22	24	Б/с
Подача суппорта: продольная, мм/об поперечная, мм/об	0,01-0,7 0,005 -	0,05- 2,8	0,05- 2,8	0,06- 1,0	0,08- 27,9	0,04- 84,7
	0,35	0,025 - 1,4	0,025 - 1,4	0,024 - 3,1	0,04 - 13,95	0,02 - 42,4
Мощность эл.дв. главного привода, кВт	4,6	11	11	15	22	100
Масса, кг	2100	3685	3775	5620	11900	120000



## 5.2 ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЯ ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Пример разработки маршрутного технологического процесса изготовления детали типа «Вал»

### 1 Чертеж детали

Оформляется на формате А4 в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД (Рисунок Б1).

### 2 Чертеж заготовки

Оформляется на формате А4 в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД (Рисунок Б2).

### 3 Анализ чертежа детали

Деталь имеет форму ступенчатого вала. На левом конце расположена квадратная головка под ключ 44x44, на правом – резьба М33x1,5. В средней части посадочная шейка диаметром 60мм и опорный бурт диаметром 85мм. Перед опорным буртом технологическая канавка 4x1, по оси детали проходит сквозное отверстие  $\phi 10$ мм, в средней части поперечное сквозное отверстие диаметром 8мм. Переходная поверхность между резьбовой частью и шейкой  $\phi 60$  имеет форму конуса с углом  $30^{\circ}$ .

Торцевые поверхности детали и наружная поверхность могут быть получены обтачиванием на токарном станке. Внутренне отверстие можно получить сверлением так же на токарном станке. Резьбу можно нарезать резьбонарезным резцом для наружных резьб. Сквозное поперечное отверстие  $\phi 8$ мм можно получить на вертикально-сверлильном станке, квадратная головка на левом торце - фрезерованием концевой фрезой на вертикально-фрезерном станке с применением делительной головки.

Точность размеров и шероховатость поверхностей обеспечивается соответствующими (Приложение А, таблица А1) видами обработки:

Наружная поверхность  $\phi 85h8$ , Ra2,5 – чистовое продольное точение после чернового.

Шейка размером 60h6, Ra0,8 – шлифование после чернового и чистового продольного точения.

Для остальных поверхностей точность размеров не оговаривается, шероховатость Ra12,5 – черновое точение.

Материал детали – сталь 45. Это конструкционная сталь, относится к группе «термически улучшаемые».

Механические свойства материала:  $\sigma_{вр} = 610$ МПа,  $\sigma_{т} = 360$ МПа,  $\delta = 16\%$ ,  $\psi = 40\%$ .

Химический состав: С = 0,42...0,48%

Сталь хорошо обрабатывается резанием. Для обеспечения твердости HRC 35...40 необходимо провести термическую обработку: закалку в масле и низкий отпуск. Термическая обработка должна проводится после этапа лезвийного резания - точения, сверления, фрезерования, перед абразивной обработкой - шлифованием.

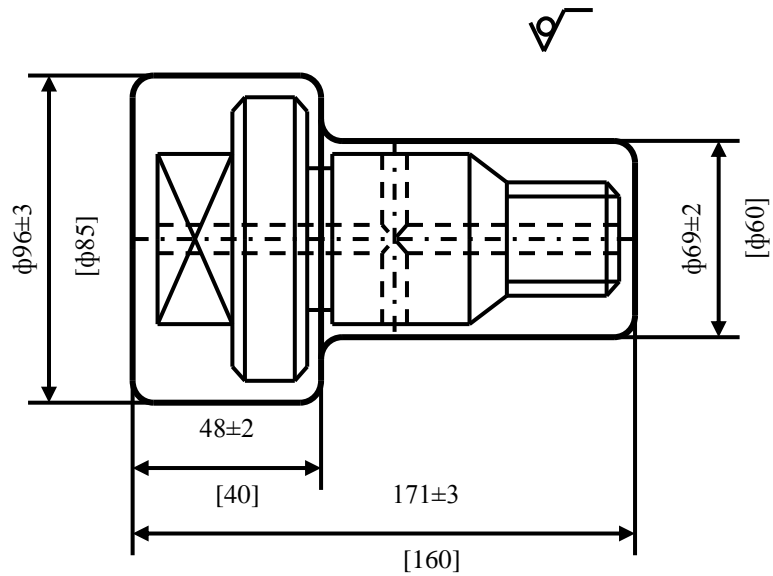


Рисунок Б2 Образец оформления чертежа заготовки

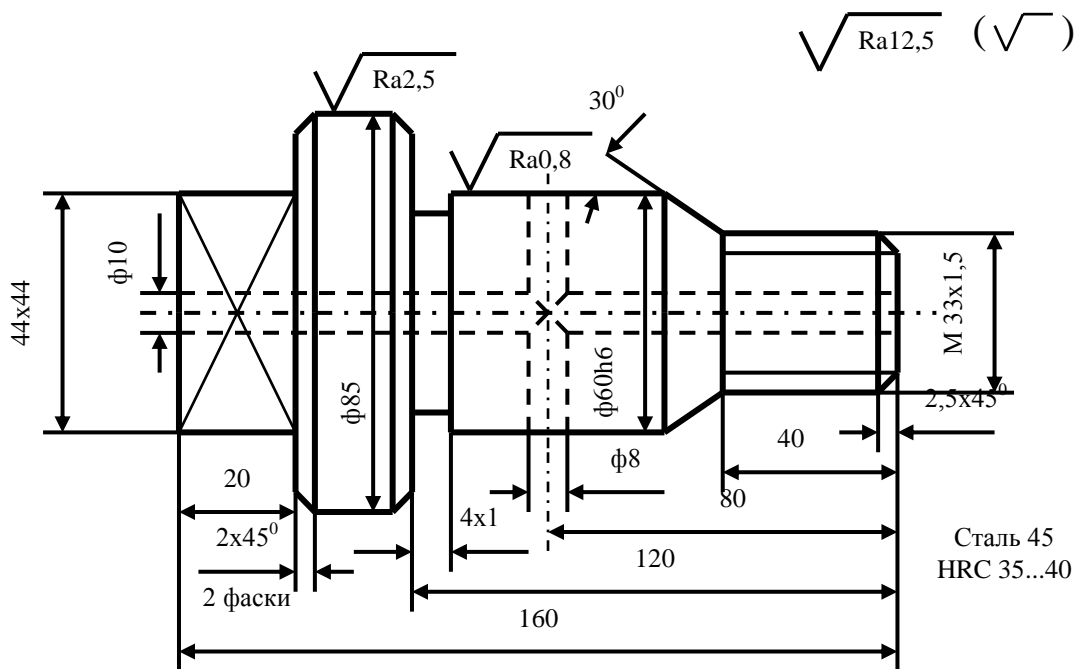


Рисунок Б1 Образец оформления чертежа детали

На основании проделанного анализа чертежа детали составляем предварительный технологический маршрут (рисунок Б3).



Рисунок Б3 Технологический маршрут изготовления детали «Опорная ось»

Делаем общий вывод: деталь может быть изготовлена на универсальном станочном оборудовании в условиях мастерской, деталь технологична в изготовлении.

#### 4 Выбор способа получения заготовки и расчет её размеров

Для условий ремонтных мастерских предприятия наиболее доступными видами заготовок являются поковки, полученные методом свободной ковки и горячекатаный прокат.

Вариант 1. Заготовка – горячекатаный прокат.

Заготовка из проката имеет самую простую форму – цилиндр, в контуры которого должны вписываться, с учетом припусков на обработку, контуры изготавливаемой детали.

Размеры проката определяем по двум наибольшим размерам детали: наружному диаметру и длине.

Наибольший размер по диаметру - ф85h8, шероховатость Ra2,5. Поверхность будет обтачиваться начисто после черного точения (Приложение А, таблица А1). Необходимо учитывать припуски на два вида обработки.

$$A_{заг} = A_{дет} + Z_1 + Z_2 + Z_3 + [-T A_{заг}],$$

где:  $Z_1 = 0$

$Z_2 = 2$  (Приложение А, таблица А6)

$Z_3 = 6$  (Приложение А, таблица А5)

$[-ТАзаг] = -1,3$  (Приложение А, таблица А11)

$$Азаг = 85 + 2 + 6 + 1,3 = 94,3$$

По таблице А11 (Приложение А) принимаем ближайший больший размер круглого проката  $\phi 96^{+0,5}_{-1,3}$

Наибольший размер по длине – 160мм, шероховатость  $Ra_{6,3}$  с обеих сторон. Поверхности будут обтачиваться на режимах полуступенчатого точения (Приложение А, таблица А1).

$$Взаг = Вдет + Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_1 + Z_2 + Z_3 + ТВзаг,$$

где:  $Z_1 = 0$

$Z_2 = 0$

$Z_3 = 2$  (Приложение А, таблица А8)

$ТВзаг = 1,6$  по 15 качеству точности (Приложение А, таблицы А1 и А12)

$$Взаг = 160 + 2 + 2 + 1,6 = 165,6_{-1,6}$$

По результатам расчетов оформляем эскиз заготовки из проката (рисунок Б4).

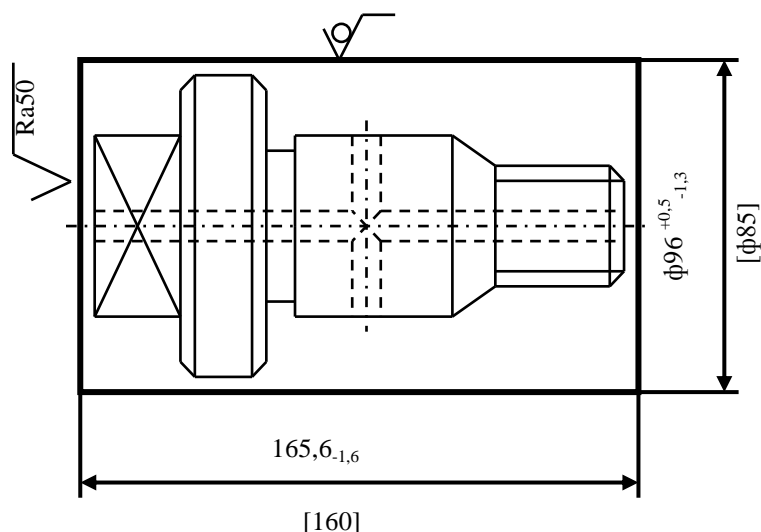


Рисунок Б4. Эскиз заготовки из проката

Вариант 2. Заготовка – поковка, получаемая методом свободной ковки.

Размеры поковки определяем по трем основным размерам детали: наибольшему диаметру наружной поверхности, диаметру в районе шейки и длине.

$$Азаг = (Адет + Z) \pm ТАзаг$$

Наибольший размер по диаметру –  $\phi 85$

$Z = 11$  (приложение А, таблица А4)

$ТАзаг = \pm 3$  (приложение А, таблица А4)

$$Азаг = (85 + 11) \pm 3 = 96 \pm 3$$

Размер по диаметру в средней части детали –  $\phi 60$

$Z = 9$  (приложение А, таблица А4)

$ТАзаг = \pm 2$  (приложение А, таблица А4)

$$Азаг = (60 + 9) \pm 2 = 69 \pm 2$$

Наибольший размер по длине – 160,

$$V_{\text{заг}} = (V_{\text{дет}} + Z) \pm TV_{\text{заг}}$$

$$Z = 11 \text{ (приложение А, таблица А4)}$$

$$TV_{\text{заг}} = \pm 3 \text{ (приложение А, таблица А4)}$$

$$V_{\text{заг}} = (160 + 11) \pm 3 = 171 \pm 3$$

По результатам расчетов оформляем эскиз ковanej заготовки (рисунок Б5).

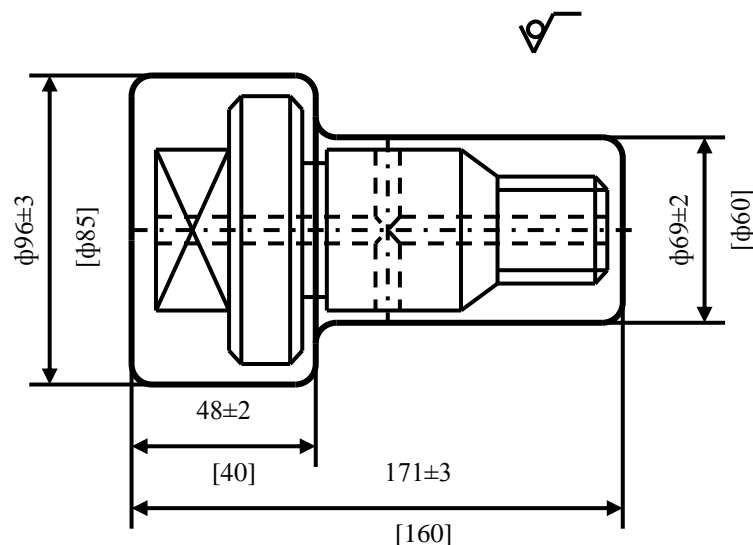


Рисунок Б5. Эскиз ковanej заготовки

После разработки эскизов заготовок определяем коэффициент использования металла:

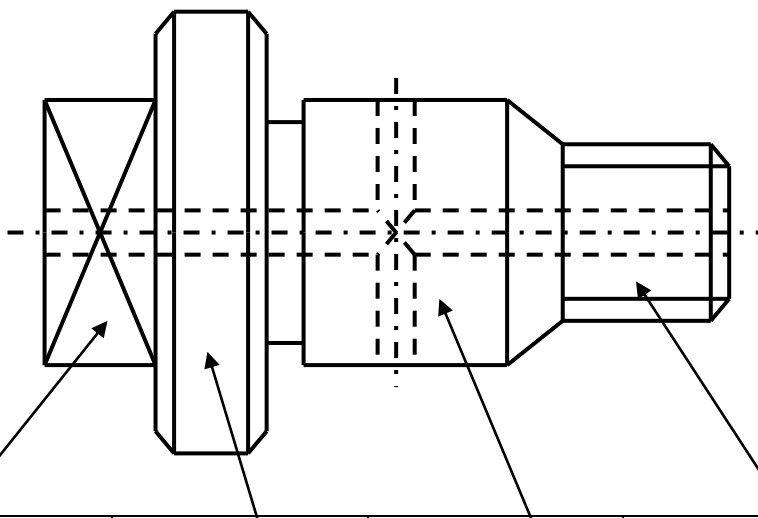
$$K = \frac{P_d}{P_3},$$

где  $P_d$  – вес готовой детали

$P_3$  – вес заготовки

Для определения веса необходимо вычислить объём. Разбиваем деталь и заготовку на элементарные фигуры (Рисунки Б6 и Б7). Мелкие элементы (фаски, канавки, небольшие отверстия) во внимание не принимаем.

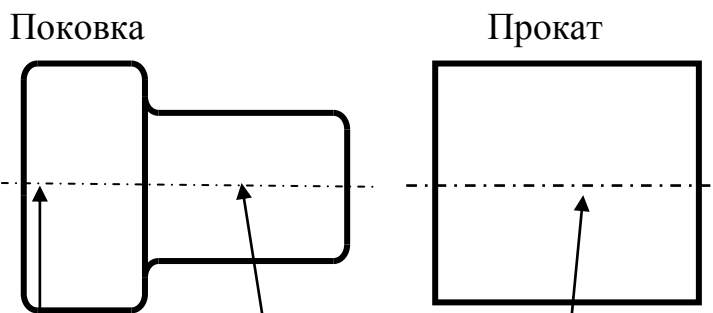
Рисунок Б6.  
Разбивка детали на элементарные фигуры



Фигура	Параллелепипед	Цилиндр	Цилиндр	Цилиндр
Размеры (мм)	44x44x20	φ85x20	φ60x80	φ33x40
Объём (см <sup>3</sup> )	38,72	113,43	226,08	34,19

$$\text{Вес детали: } (38,72 + 113,43 + 226,08 + 34,19) * 7,8 = 3,216 \text{ кг}$$

Рисунок Б7  
Разбивка  
заготовок на  
элементарные  
фигуры



Фигура	Цилиндр	Цилиндр	Цилиндр
Размеры (мм)	ф96x48	ф69x123	ф96x165,6
Объем (см <sup>3</sup> )	347,25	459,7	1198,04

Вес поковки:  $(347,25 + 459,7) * 7,8 = 6,294$  кг

Вес проката:  $1198,04 * 7,8 = 9,345$  кг

Коэффициент использования металла:

$$\text{Для поковки } K = \frac{3,216}{6,294} = 0,511 \quad \text{Для проката } K = \frac{3,216}{9,345} = 0,344$$

В виду отсутствия на предприятии технологических возможностей получения поковки в качестве заготовки используем прокат.

## 5 Разработка маршрутной технологии

### 5.1 Выбор черновых и чистовых баз

В качестве черновой базы назначаем необработанную поверхность заготовки ф96мм. Эта база будет использована только в начале технологического процесса, при первых закреплениях заготовки в трехкулачковом патроне станка. За чистовую базу принимаем центровочное отверстие, которое необходимо при закреплении заготовки с большим вылетом, когда потребуется поджатие вращающимся центром, установленном в задней бабке. Так же за чистовую базу принимаем обработанную поверхность ф60, при закреплении за которую можно проводить обработку поверхности под квадратную головку и сверление центрального и поперечного отверстия. При выполнении шлифовальной операции за чистовую базу используется осевое отверстие ф10.

### 5.2 Определение очередности обработки поверхностей

В первую очередь в процессе токарной операции обрабатываем базовые поверхности – обтачиваем торцы и сверлим центровочное отверстие. При закреплении заготовки в патроне с поджатием вращающимся центром можно обработать поверхности ф85, канавку 4x1, ф60, М33x1,5. Обработка за одну установку гарантирует обеспечение соосности этих поверхностей. При закреплении за обработанную поверхность ф60 обтачивается левый торец детали, цилиндрическая поверхность ф64 под квадратную головку и сверлится сквозное отверстие ф10. Сверление поперечного отверстия ф8 и фрезерование квадратной головки 44x44 можно проводить после токарной операции.

### 5.3 Расчет межоперационных размеров

Операционные припуски назначаются по таблицам (Приложение А, таблицы А5...А10). Межоперационные размеры (МОР) рассчитываем для цилиндрических поверхностей  $\phi 85$ ,  $\phi 60$  и размера по длине детали 160.

Поверхность  $\phi 85h8$ , шероховатость  $Ra2,5$ . Поверхность будет обтачиваться начисто после черного точения (Приложение А, таблица А1).

Размер после черного точения:  $A_1 = A_{\text{дет max}} + Z_2$

$Z_2 = 2$  (Приложение А, таблица А6)

$$A_1 = 85 + 2 = 87$$

Поверхность  $\phi 60h6$ , шероховатость  $Ra0,8$ . Поверхность будет шлифоваться после черного и чистового точения (Приложение А, табл. А1).

Размер после черновой обработки перед чистовой «А<sub>1</sub>»

$$A_1 = A_{\text{дет max}} + Z_1 + Z_2$$

$Z_1 = 0,5$  (Приложение А, таблица А7)

$Z_2 = 2$  (Приложение А, таблица А6)

$$A_1 = 60 + 0,5 + 2 = 62,5$$

Размер после чистовой обработки перед шлифованием «А<sub>2</sub>»

$$A_2 = A_{\text{дет max}} + Z_1$$

$Z_1 = 0,5$  (Приложение А, таблица А7)

$$A_2 = 60 + 0,5 = 60,5$$

Размер по длине – 160мм, шероховатость  $Ra12,5$  с обеих сторон. Поверхности будут обтачиваться на режимах черного точения (Прилож. А, табл.А1).

Строим расчетную схему.

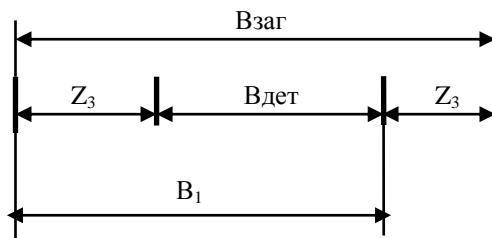


Рисунок Б8 Межоперационные размеры при обработке торцевых поверхностей

Размер после черновой обработки одного торца:

$$B_1 = B_{\text{дет}} + Z_3$$

$Z_3 = 2$  (Приложение А, таблица А8)

$$B_1 = 160 + 2 = 162$$

### 5.4 Разработка маршрутной карты

5.4.1 Последовательность выполнения операций назначаем в соответствии с ранее составленным предварительным технологическим маршрутом.

На первом этапе (лезвийное резание) назначается заготовительная операция – отрезка заготовки из проката на механической пиле. Проведение токарной операции позволит подготовить поверхности детали под проведение обработки на других станках: фрезерование квадратной головки 44x44 на фрезерном станке и сверление поперечного отверстия  $\phi 8$  на вертикально-сверлильном станке. После завершения этапа лезвийного резания проводится

термическая обработка – закалка и отпуск. Затем для обрабатываемой заготовки, получившей после термообработки высокую твердость, проводим окончательную отделочную обработку – шлифование. Завершает технологический процесс операция контроля.

#### 5.4.2 Выбор станочного оборудования.

Габариты обрабатываемой заготовки  $\varnothing 96 \times 165$ . По диаметру отверстия шпинделя данная заготовка может обрабатываться на станке модели 16К50 (Приложение А, таблица А27). Но этот станок рассчитан на обработку крупногабаритных изделий и для данной детали будет использоваться с явной недогрузкой. По размеру заготовки, устанавливаемой над суппортом, можно планировать применение станков моделей 16Б16А и 16К20. Так как результаты расчетов заготовок показывают очень низкий коэффициент использования металла, и, следовательно, большой объем срезаемой стружки, предпочтение следует отдать станку модели 16К20, имеющему более мощный двигатель. Для выполнения операции фрезерования планируем применение горизонтально-фрезерного станка модели 6Р82. Эта модель предназначена для обработки мелких и среднегабаритных деталей. Операцию по сверлению поперечного отверстия диаметром 8мм проводим с использованием одношпиндельного вертикально-сверлильного станка модели 2118, на котором можно сверлить отверстия диаметром до 18мм. Выполнения шлифовальной операции для шлифовки шейки  $\varnothing 60$  планируем на кругло-шлифовальном станке модели 3Б12. Этот станок позволяет обрабатывать детали диаметром до 200мм и максимальной длине 500мм /3/.

#### 5.4.3 Выбор станочных приспособлений.

На токарной операции для закрепления обрабатываемой заготовки используется штатный трех-кулачковый самоцентрирующий патрон. Для получения правильной геометрической формы квадрата 44х44 при фрезеровании применяем универсальную делительную головку УДГ 250. На вертикально-сверлильном станке сверло диаметром 8мм с цилиндрическим хвостовиком закрепляем в сверлильном патроне, а заготовку устанавливаем на призму. На шлифовальном станке заготовка закрепляется в гладких центрах с применением поводкового патрона и хомутика.

#### 5.4.4 Выбор режущих инструментов.

При выполнении токарной операции потребуется применение центровочного сверла  $\varnothing 6$ мм и сверла спирального  $\varnothing 10$ мм. Обточку детали проводим призматическими токарными резцами марок Т5К10 и Т15К6. Резьбу нарезаем резьбонарезным резцом с углом  $\varepsilon = 60^\circ$ .

Фрезерование квадратной головки проводим торцевой фрезой, закрепляемой в шпинделе станка.

Для сверления поперечного отверстия потребуется спиральное сверло  $\varnothing 8$ мм с цилиндрическим хвостовиком.

На шлифовальном станке устанавливается абразивный круг марки Э9А25СТ1К6.

Пример оформления маршрутной карты представлен на рисунках Б9 и Б10.



ГОСТ 3.1118-82										Форма 1									
Дubl																			
Взам.																			
Подл.										Изм.	Лист	№ док-м.	Подпись	Дата					
Разраб.	Иванов Р.А.																		
Провер.	Васильев У.С.																		
Нач. бюро	Сайфуллин Р.И.																		
Н. контр.	Рафиков И.А.																		
M01	Круг В100 ГОСТ 2590-88/45 ГОСТ 1050-89																		
M02	Код	ЕВ	МД	ЕН	Н.расх.	КИМ	Код загот.	Профиль и размеры	КД	МЗ									
							Поковка	φ96×φ68×L171											
A	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции			Обозначение документа											
B					Код, наименование оборудования			СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Китп.	Тл.з.	Тип.	
A03	137				005		Токарная												
B04	ТВ 16К20																		
O05	Точить торцы в размер 162 и 160, сверлить центровочное отверстие φ5, точить наружную поверхность начерно в размер φ87																		
O06	и начисто в размер φ85, точить шейку начерно в размер φ62,5 и начисто в размер φ60,5, точить канавку 4×1, сверлить сквозное																		
O07	отверстие φ10, проточить под резьбу φ32,8 и нарезать резьбу М33×1,5																		
T08	Патрон токарный 3-х кулачковый; патрон сверлильный; центр сверлильный; центр вращающийся; сверло центровочное φ10;																		
O09	резцы проходные, подрезные, канавочный, резьбонарезной, штангенциркуль ШЦ-1, гайка контрольная М33×1,5																		
10																			
A 11	137				010		Фрезерная												
B 12	ГФ 6P82																		
O 13	Фрезеровать головку 44×44																		
T 14	УДГ 250, фреза концевая φ40×60, штангенциркуль ШЦ-1																		
15																			
МК	Маршрутная карта																		

ГОСТ 3.118-82										Фарма №						
Дил.																
Взаим																
Подл.										Изм.	Лист	№ Докум.	Подпись	Дата		
										25с-4						
										Обозначение документа						
										Обозначение операции						
										Код наименования оборудования						
										Код наименования оборудования						
										Наименование детали, съ. единицы или материала						
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код наименования операции	СМ	Лифт	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Конт.	Л.з.	Тшт.
Б																
К/М																
										Обозначение код						
А 16	137			015	Сверлильная											
Б 17	BC 2118															
О 18	Сверлить отверстие ф8															
Т 19	Тиски машинные, призма, патрон сверлильный, сверло ф8, штангенциркуль ШЦ-1															
20																
А 21	213			020	Слесарная											
Б 22	Верстак слесарный															
О 21	Снять заусенцы; пригнать острые крошки															
Т 22	Тиски слесарные, напильники, наффили															
23																
А 24	209			025	Термическая											
Б 25	Печь муфельная; ванна закалочная															
О 26	Закалить и отпустить до НРС 35...40															
Т 27	Твердомер ТК-2, клещи															
28																
А 29	145			030	Круглошлифовальная											
МК	Маршрутная карта															

ГОСТ 3.118-82										Формы №								
Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код наименования операции	Код наименования подразделения	Наименование детали, с/д, единицы или материала	СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Плз.	Тшт.	
							Обозначение, код											
							Обозначение документа											
Б 30	КШ	3512																
О 31	Шлифоваль ф65h6																	
Т 32	Центра, хомут, микрометр МЖ 50-75																	
33																		
А 34	035 Контрольная																	
Б 35	Стол контролера																	
О 36	Проверить размеры, шероховатость, твердость																	
Т 37	Штангенциркуль ищ-1; микрометр МЖ 50-75; эталоны шероховатости; твердомер ТК-2																	
38	Гайка контрольная М33х15																	
39																		
40																		
41																		
42																		
43																		
44																		
45																		
МК	Маршрутная карта																	

## ПРИЛОЖЕНИЕ В

### Пример разработки маршрутного технологического процесса изготовления детали типа «Гайка»

#### 1 Чертеж детали

Оформляется на формате А4 в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД (Рисунок В1).

#### 2 Чертеж заготовки

Оформляется на формате А4 в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД (Рисунок В2).

#### 3 Анализ чертежа детали

Деталь имеет форму кольца со ступенчатым отверстием и внутренней резьбой М8х4. На наружной поверхности расположены 8 пазов «под ключ» размером 6х6. Торцевые поверхности детали и наружная поверхность могут быть получены обтачиванием на токарном станке. Внутренне ступенчатое отверстие можно получить сверлением и растачиванием так же на токарном станке. Резьбу можно нарезать резьбонарезным резцом для внутренних резьб.

Пазы на наружной поверхности можно получить фрезерованием дисковой фрезой на горизонтально-фрезерном станке с применением делительной головки.

Точность размеров и шероховатость поверхностей обеспечивается соответствующими (приложение А, таблица А1) видами обработки:

Наружная поверхность  $\phi 110h8$ , Ra1,25 – шлифование после чистового и чернового продольного точения.

Торцевые поверхности размера 36h9, Ra1,25 – шлифование после чернового и чистового поперечного точения.

Для остальных поверхностей точность размеров не оговаривается, шероховатость Ra12,5 – черновое точение.

Материал детали – сталь 45. Это конструкционная легированная сталь, относится к группе «термически улучшаемые».

Механические свойства материала:  $\sigma_{вр} = 640\text{МПа}$ ,  $\sigma_{т} = 380\text{МПа}$ ,  $\delta = 18\%$ ,  $\psi = 45\%$ .

Химический состав: С = 0,42...0,50%

Сталь хорошо обрабатывается резанием. Для обеспечения твердости HRC 28...32 необходимо провести термическую обработку: закалку в масле и средний отпуск. Термическая обработка должна проводиться после этапа лезвийного резания - точения, сверления, фрезерования, перед абразивной обработкой - шлифованием.

На основании проделанного анализа чертежа детали составляем предварительный технологический маршрут (рисунок В3).

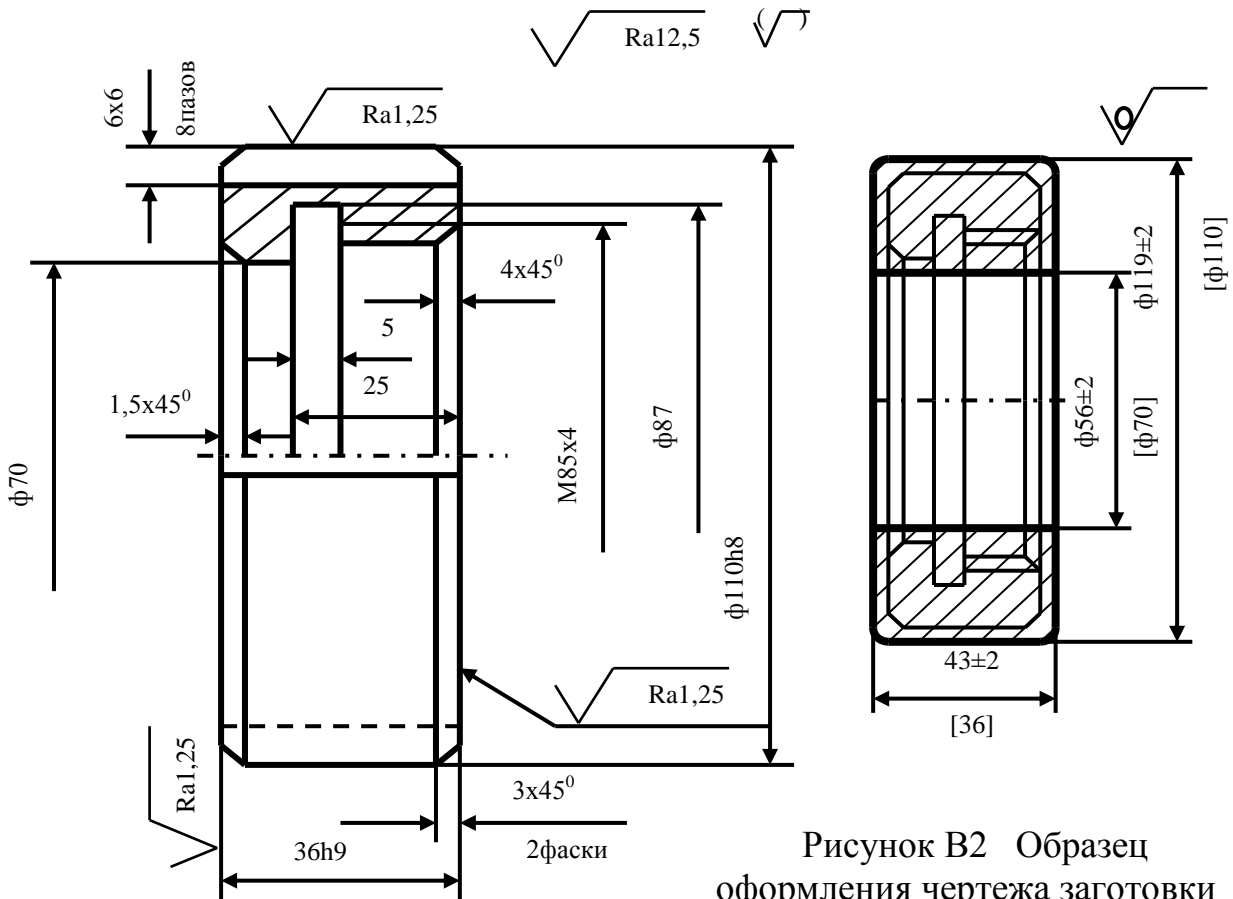


Рисунок В2 Образец оформления чертежа заготовки

Рисунок В1. Гайка. Сталь 40X, HRC 28...32

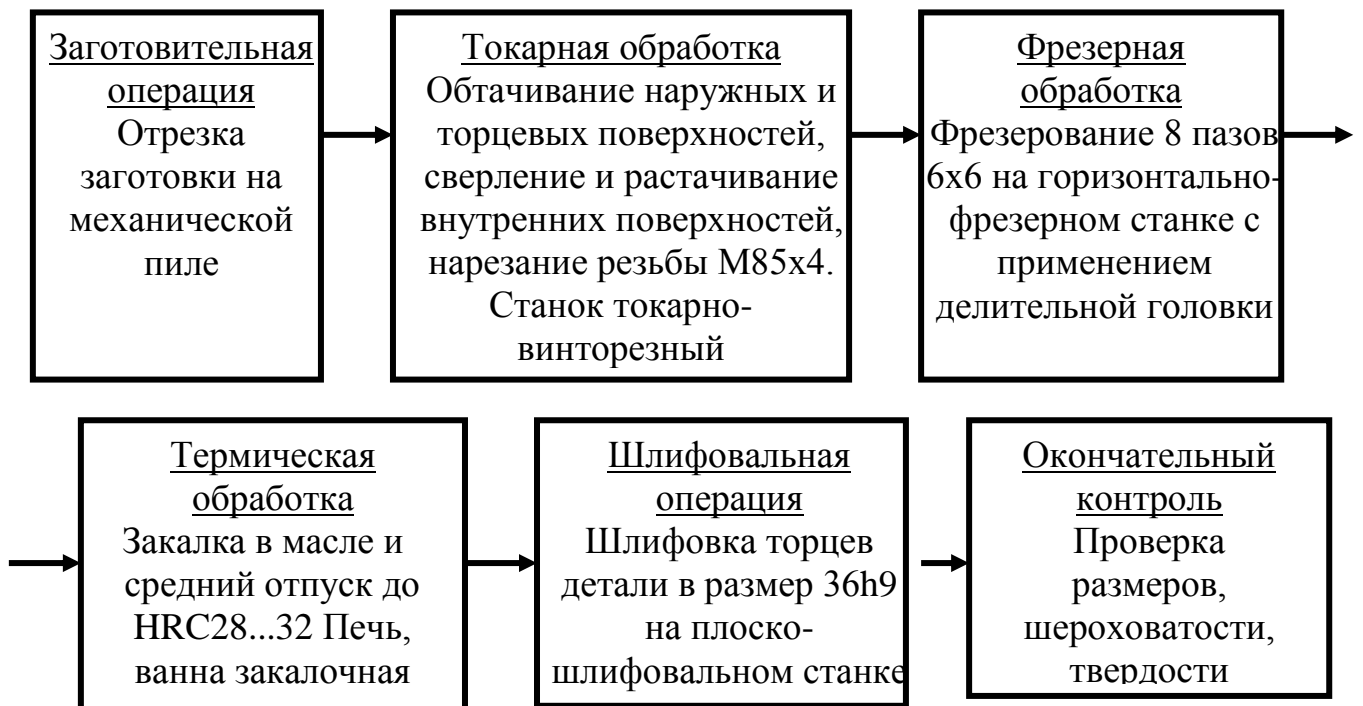


Рисунок В3. Технологический маршрут изготовления детали «Гайка»

Делаем общий вывод: деталь может быть изготовлена на универсальном станочном оборудовании в условиях мастерской, деталь технологична в изготовлении.

#### 4 Выбор способа получения заготовки и расчет её размеров

Для условий ремонтных мастерских предприятия наиболее доступными видами заготовок являются поковки, полученные методом свободнойковки и горячекатаный прокат.

Вариант 1. Заготовка – горячекатаный прокат.

Заготовка из проката имеет самую простую форму – цилиндр, в контуры которого должны вписываться, с учетом припусков на обработку, контуры изготавливаемой детали.

Размеры проката определяем по двум наибольшим размерам детали: наружному диаметру и длине.

Наибольший размер по диаметру -  $\phi 110h8$ , Ra1,25 Поверхность будет шлифовать после черного и чистового продольного точения. Необходимо учитывать припуски на все виды обработки.

$$A_{заг} = A_{дет} + Z_1 + Z_2 + Z_3 + [-T_{Aзаг}],$$

где:  $Z_1 = 0,6$  (приложение А, таблица А7)

$Z_2 = 2$  (приложение А, таблица А6)

$Z_3 = 5,5$  (приложение А, таблица А5)

$[-T_{Aзаг}] = 1,7$  (приложение А, таблица А11)

$$A_{заг} = 110 + 0,6 + 2,0 + 5,5 + 1,7 = 119,8$$

По таблице А11(приложение А) принимаем ближайший больший размер круглого проката  $\phi 120^{+0,8}_{-2,0}$

Рассчитываем длину заготовки.

Наибольший размер по длине - 36h9, Ra1,25 с обеих сторон. Поверхности будут шлифовать после черного и чистового поперечного точения.

$$B_{заг} = B_{дет} + Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_1 + Z_2 + Z_3 + T_{Bзаг},$$

где:  $Z_1 = 0,3$  (приложение А, таблица А10)

$Z_2 = 0,7$  (приложение А, таблица А9)

$Z_3 = 2$  (приложение А, таблица А8)

$T_{Bзаг} = 1,0$  по 15 квалитету точности (приложение А, таблица А12)

$$B_{заг} = 36 + 0,3 + 0,7 + 2 + 0,3 + 0,7 + 2 + 1,0 = 43_{-1,0}$$

Вариант 2. Заготовка – поковка, получаемая методом свободнойковки.

Размеры поковки определяем по трем основным размерам детали: наибольшему диаметру наружной поверхности, наименьшему диаметру отверстия и ширине.

$$A_{заг} = (A_{дет} + Z) \pm T_{Aзаг}$$

Наибольший размер по диаметру -  $\phi 110h8$

$Z = 9$  (приложение А, таблица А4)

$T_{Aзаг} = \pm 2$  (приложение А, таблица А4)

$$A_{заг} = (110 + 9) \pm 2 = 119 \pm 2$$

Наибольший размер по длине - 36h9,

$$B_{заг} = (B_{дет} + Z) \pm T_{Bзаг}$$

$Z = 7$  (приложение А, таблица А4)

$T_{Bзаг} = \pm 2$  (приложение А, таблица А4)

$$B_{заг} = (36 + 7) \pm 2 = 43 \pm 2$$

Наименьший размер отверстия -  $\phi 70$

$$A_{\text{заг}} = (A_{\text{дет}} - Z) \pm T_{A_{\text{заг}}}$$

$Z = 14$  (приложение А, таблица А4)

$T_{A_{\text{заг}}} = \pm 2$  (приложение А, таблица А4)

$$A_{\text{заг}} = (70 - 14) \pm 2 = 56 \pm 2$$

По результатам расчетов оформляем эскизы заготовок (рисунки В4, В5).

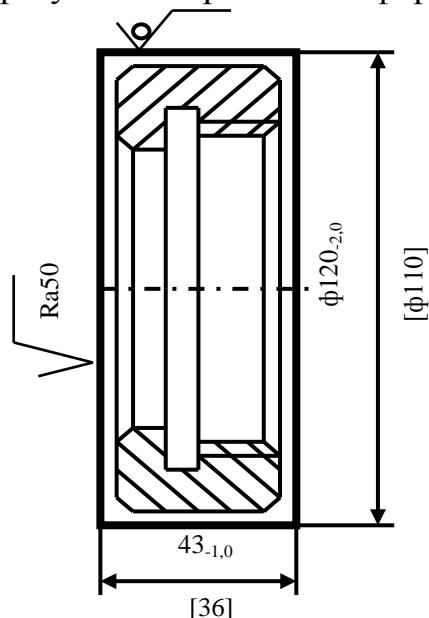


Рисунок В4. Заготовка прокат.  
Сталь 40х, НВ 220...240

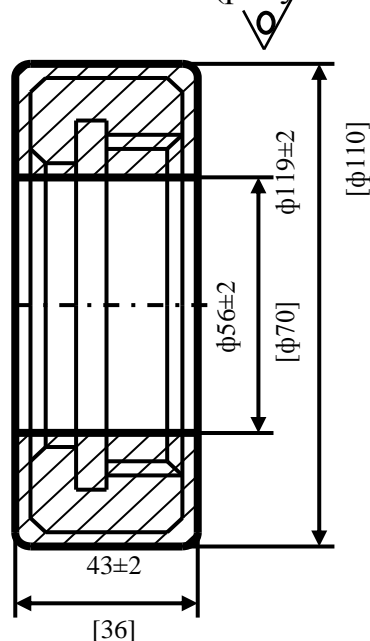


Рисунок В5. Заготовка поковка.  
Сталь 40х, НВ 220...240

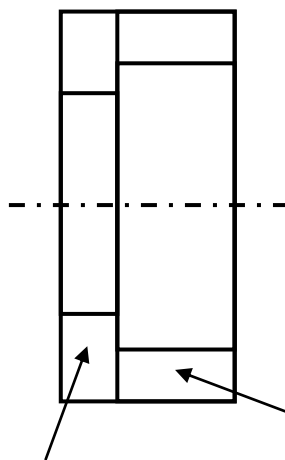
После разработки эскизов заготовок определяем коэффициент использования металла:

$$K = \frac{P_d}{P_z},$$

где  $P_d$  – вес готовой детали  $P_z$  – вес заготовки

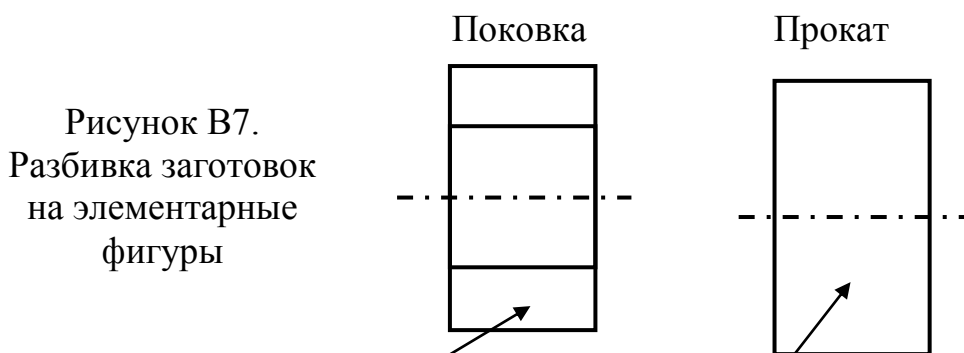
Для определения веса необходимо вычислить объём. Разбиваем деталь и заготовки на элементарные фигуры (Рисунки В6 и В7). Мелкие элементы (фаски, канавки, небольшие отверстия) во внимание не принимаем.

Рисунок В6.  
Разбивка детали  
«Гайка» на  
элементарные  
фигуры



Фигура	Кольцо	Кольцо
Размеры (мм)	$\phi 110 \times \phi 70 \times 11$	$\phi 110 \times \phi 80 \times 25$
Объём (см <sup>3</sup> )	62,172	111,86

Вес детали:  $(62,172 + 111,86) * 7,8 = 1,357$  кг



Фигура	Кольцо	Цилиндр
Размеры (мм)	ф119хф56х43	ф120х43
Объём (см <sup>3</sup> )	372,15	486,07

Вес поковки:  $372,15 * 7,8 = 2,902$  кг    Вес проката:  $486,07 * 7,8 = 3,791$  кг

Коэффициент использования металла:

$$\text{Для проката } K = \frac{1,357}{3,791} = 0,35 \quad \text{Для поковки } K = \frac{1,357}{2,902} = 0,467$$

Для более рационального расходование материала в качестве заготовки используем поковку.

## 5 Разработка маршрутной технологии

### 5.1 Выбор черновых и чистовых баз

В качестве черновой базы используем необработанную поверхность заготовки ф120мм. Эта база будет использована только в начале технологического процесса, при первых закреплениях заготовки в трехлачковом патроне токарного станка. За чистовую базу принимаем торец и поверхность отверстия под резьбу ф80,7. Так же за чистовую базу принимаем обработанную поверхность ф110, при закреплении за которую можно нарезать резьбу М85х4. При фрезеровании 8 пазов 6х6 базирование заготовки производим по поверхности отверстия ф70мм.

### 5.2 Определение очередности обработки поверхностей

В первую очередь обрабатываем базовые поверхности – обтачиваем торцы и растачиваем центральное отверстие. При закреплении за обработанную поверхность ф80,7 обтачивается второй торец детали и цилиндрическая поверхность ф110. Нарезание резьбы М85х4 проводим в конце токарной операции. Фрезерование 8 пазов 6х6 можно проводить после токарной операции. Шлифование торцевых поверхностей планируем в конце технологического процесса.

### 5.3 Расчет межоперационных размеров

Операционные припуски назначаются по таблицам (Приложение А, таблицы А5...А10). Межоперационные размеры рассчитываем для цилиндрической поверхности ф110, отверстия под резьбу ф80,7 и размера по длине детали 36.

Поверхность ф110h8, шероховатость Ra0,8. Поверхность будет шлифовать после черного и чистового точения (Приложение А, таблица А1).

Размер после черновой обработки перед чистовой «А<sub>1</sub>»



$$A_1 = A_{\text{дет max}} + Z_1 + Z_2$$

$$Z_1 = 0,6 \text{ (Приложение А, таблица А7)}$$

$$Z_2 = 2 \text{ (Приложение А, таблица А6)}$$

$$A_1 = 110 + 0,6 + 2 = 112,6$$

Размер после чистовой обработки перед шлифованием «А<sub>2</sub>»

$$A_2 = A_{\text{дет max}} + Z_1$$

$$Z_1 = 0,6 \text{ (Приложение А, таблица А7)}$$

$$A_2 = 110 + 0,6 = 110,6$$

Отверстие ф80,7, шероховатость Ra3,2. Поверхность будет растачиваться начисто после чернового растачивания (Приложение А, таблица А1).

Размер после чернового растачивания:  $A_1 = A_{\text{дет}} - Z_2$

$$Z_2 = 2 \text{ (Приложение А, таблица А6)}$$

$$A_1 = 80,7 - 2 = 78,7$$

Размер по длине – 36мм, шероховатость Ra1,25 с обеих сторон. Поверхности будут шлифовать после чернового и чистового поперечного точения (Приложение А, таблица А1). Порядок обработки: один торец обтачивается начерно и начисто, затем другой торец обтачивается начерно и начисто.

Строим расчетную схему.

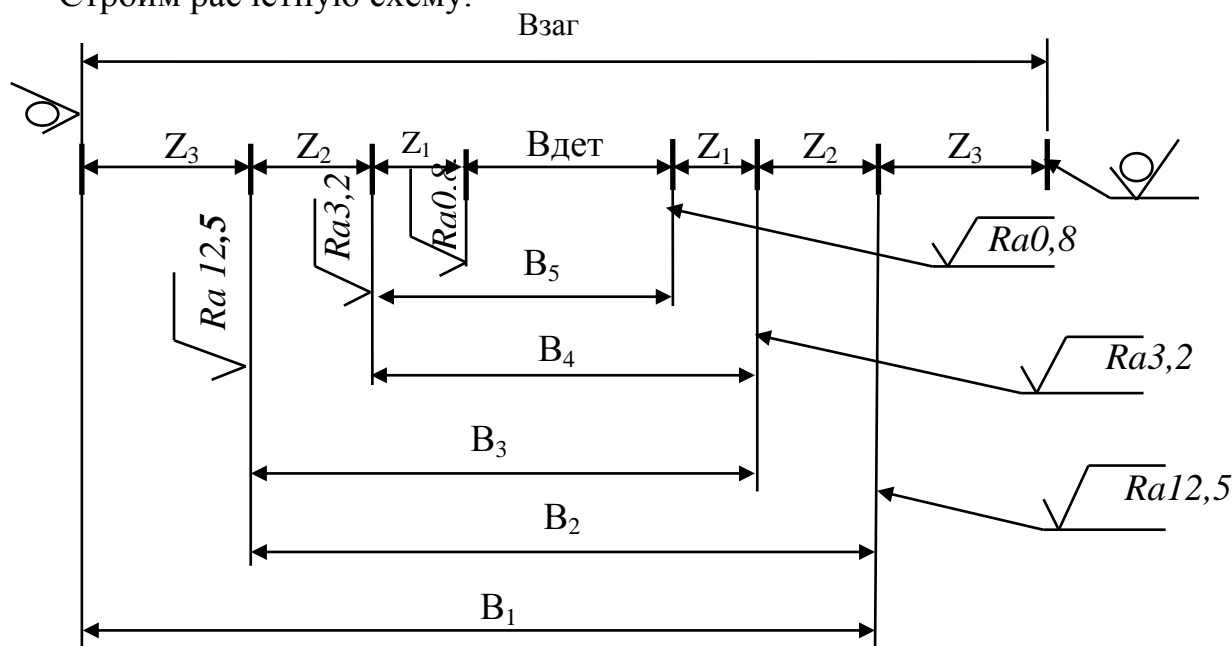


Рисунок В8 Расчетная схема для вычисления МОР по длине детали

Размер после черновой обработки одного торца:

$$B_1 = B_{\text{дет}} + Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_1 + Z_2$$

$$Z_1 = 0,3 \text{ (Приложение А, таблица 10)}$$

$$Z_2 = 0,7 \text{ (Приложение А, таблица 9)}$$

$$Z_3 = 2 \text{ (Приложение А, таблица 8)}$$

$$B_1 = 36 + 0,3 + 0,7 + 0,3 + 0,7 + 2 = 40$$

Размер после чистовой обработки этого же торца:

$$B_2 = B_{\text{дет}} + Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_1$$

$$B_2 = 36 + 0,3 + 0,7 + 2 + 0,3 = 39,3$$

Размер после черновой обработки другого торца:

$$B_3 = B_{\text{дет}} + Z_1 + Z_2 + Z_1$$

$$B_3 = 36 + 0,3 + 0,7 + 0,3 = 37,3$$

Размер после чистовой обработки этого же торца:  $B_4 = B_{\text{дет}} + Z_1 + Z_1$

$$B_4 = 36 + 0,3 + 0,3 = 36,6$$

Размер после шлифования одного торца:  $B_5 = B_{\text{дет}} + Z_1$

$$B_5 = 36 + 0,3 = 36,3$$

После шлифования второго торца будет получен размер готовой детали 36h9.

#### 5.4 Разработка маршрутной карты

5.4.1 Последовательность выполнения операций назначаем в соответствии с ранее составленным предварительным технологическим маршрутом.

На первом этапе (лезвийное резание) назначается токарная операция. Проведение токарной операции позволит подготовить поверхности детали под проведение обработки на другом станке: фрезерование 8 пазов 6х6. После завершения этапа лезвийного резания проводится термическая обработка – закалка и отпуск. Затем для обрабатываемой заготовки, получившей после термообработки высокую твердость, проводим окончательную отделочную обработку – шлифование. Завершает технологический процесс операция контроля.

#### 5.4.2 Выбор станочного оборудования.

Габариты обрабатываемой заготовки  $\phi 119 \times 43$ . По диаметру заготовки, устанавливаемой над направляющими станины, подбираем станок модели 16K20 (Приложение А, таблица А27). Для выполнения операции фрезерования планируем применение горизонтально-фрезерного станка модели 6P82. Эта модель предназначена для обработки мелких и среднегабаритных деталей. Выполнения шлифовальной операции для шлифовки  $\phi 110 \text{h}8$  планируем на кругло-шлифовальном станке модели 3Б12. Этот станок позволяет обрабатывать детали диаметром до 200мм и максимальной длине до 500мм /3/. Торцевые поверхности шлифуем на плоскошлифовальном станке модели 371М.

#### 5.4.3 Выбор станочных приспособлений.

На токарной операции для закрепления обрабатываемой заготовки используется штатный трехлачковый самоцентрирующий патрон. Для получения равномерного расположения 8 пазов 6х6 при фрезеровании применяем универсальную делительную головку УДГ 250. На круглошлифовальном станке для крепления обрабатываемой заготовки потребуется применение специальной оправки, которая будет устанавливаться в центрах станка. На плоскошлифовальном станке заготовка закрепляется на магнитной плите.

#### 5.4.4 Выбор режущих инструментов.

Обточку детали проводим призматическими токарными резцами марок Т5К10 и Т15К6. Резьбу нарезаем резьбонарезным резцом для внутренних резьб с углом  $\varepsilon = 60^\circ$ .

Фрезерование пазов проводим дисковой фрезой, закрепляемой на штатной оправке станка.

На шлифовальных станках устанавливается абразивный круг марки Э9А25СТ1К6.

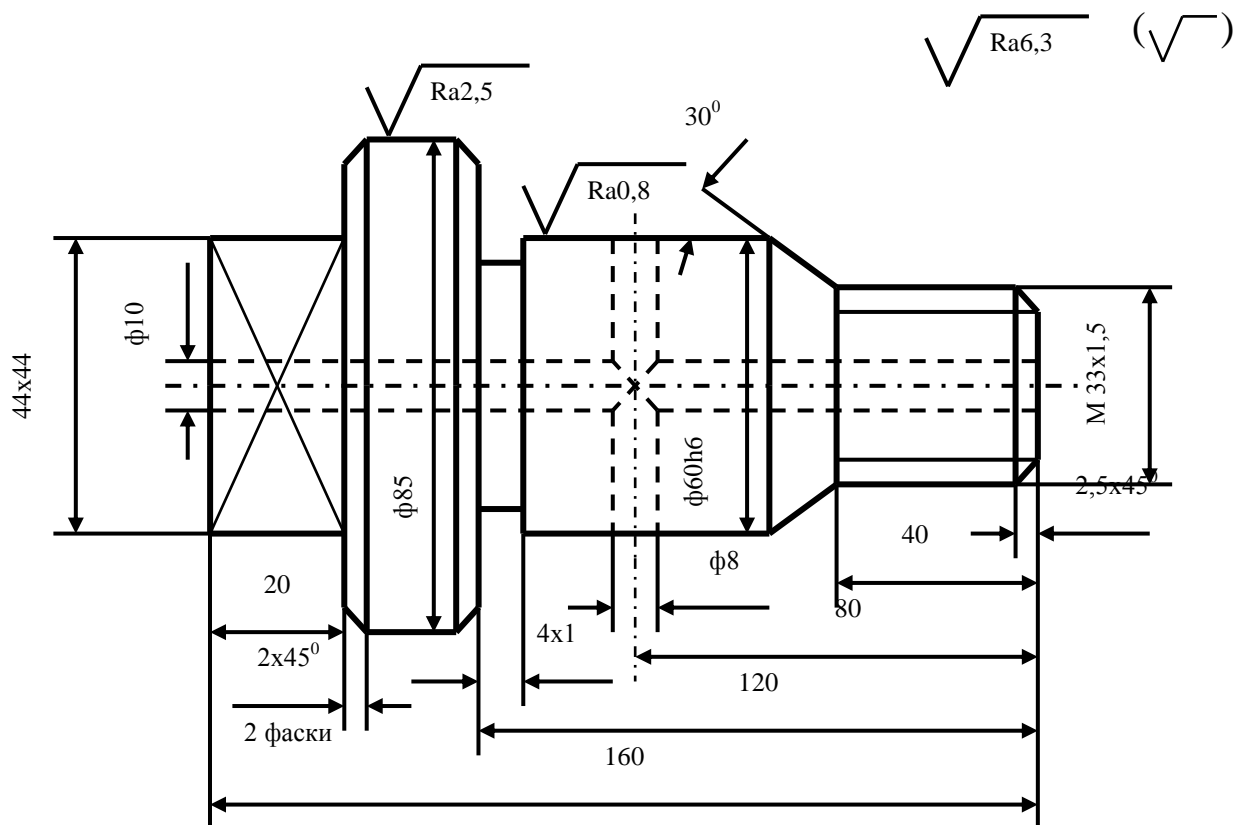
Пример оформления маршрутной карты представлен на рисунках В9 и В10.

ГОСТ 3.1118-82										Форма 1		
Дubl.												
Взам.												
Подл.										Изм.	Лист	№ докum.
											Подпись	Дата
Разраб.	Иванов Р.А.											
Провер.	Василов У.С.											
Нач. бюро	Сайфуллин Р.Н.											
Н. контр.	Рафиков И.А.											
M01	Круг В120 ГОСТ 2590-88/45 ГОСТ 1050-89											
M02	Гайка											
	Код	ЕВ	МД	ЕН	Н.расх.	КИМ	Код загот.	Профиль и размеры	КД	МЭ		
	Профиль и размеры											
	Прокат горячекатаный ф120											
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции		СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД
Б	Код, наименование оборудования											
A03	137			005	Отрезная							
B04	Механическая пила											
O05	Отрезать заготовку L=43. <sup>10</sup>											
T06	Тиски машинные; пила 450x2,5; шаблон											
07												
A08	137			010	Токарная							
B09	ТВ 16K20											
O10	Точить торцы начерно и начисто в размеры 39,3 и 36,6; точить поверхность ф110h9 начерно и начисто в размер ф 110,6;											
11	сверлить и расточить отверстие в размер ф70; канавку ф87x5; отверстие под резьбу в размер ф 80,7; нарезать резьбу М85x4											
T12	Патрон токарный 3-х кулачковый; сверла спиральные ф16, ф65, Резцы проходные, расточной канавочный, резьбонарезной.											
13	Штангенциркуль ШЦ -1; шаблон резьбовой											
14												
A15	137			015	Фрезерная							
МК	Маршрутная карта											



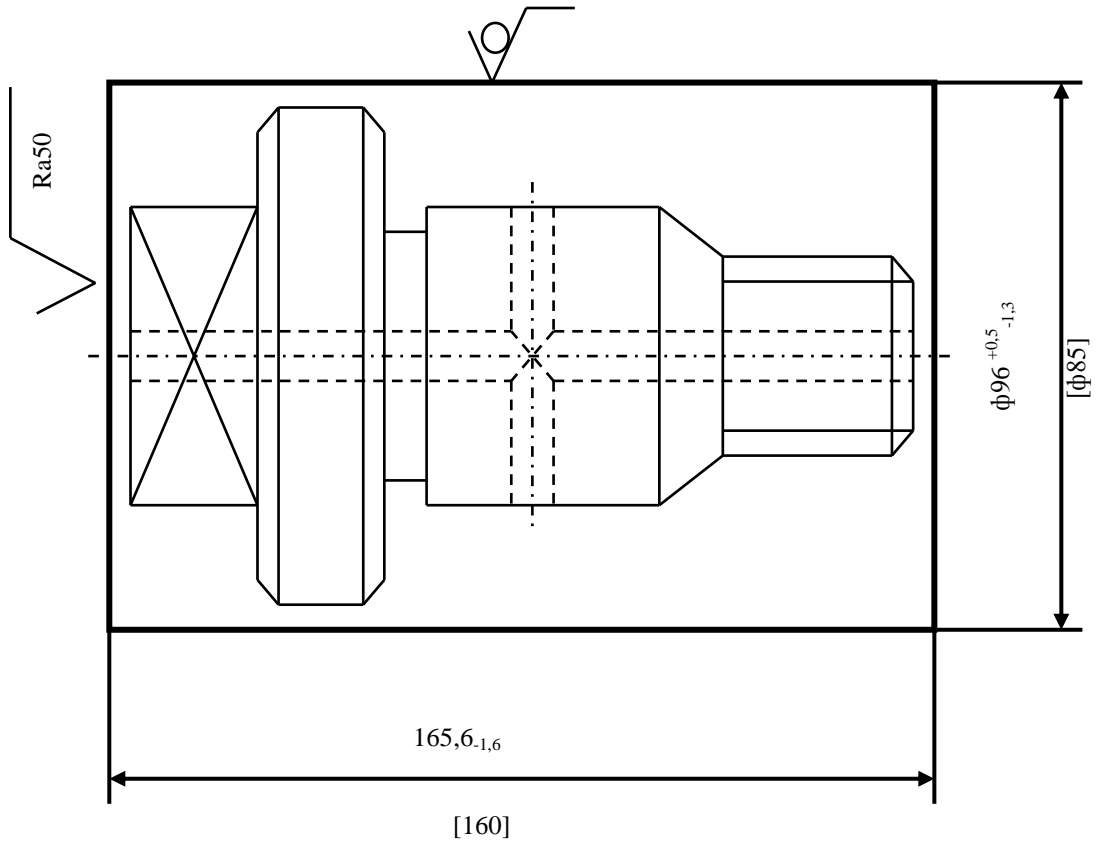
ГОСТ 3.1118-82											Форма №					
Дибл.																
Взам.																
Подл.											Изм.	Лист	№ Докум.	Подпись	Дата	
											22г-4					
											Обозначение документа					
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код наименования операции	СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОМП	ЕН	ОП	Кшт.	Пл.з.	Тшт.
Б	Наименование детали, сд. единицы или материала															
К/М																
О 30	Шлифоваль ф 100h8															
Т 31	Оправка, хомут; Микрометр МК 100-125															
32																
А 33	137															
Б 34	ПШ 37М															
О 35	Шлифоваль тарцы в размеры 36,3 и 36h9															
Т 36	Стол магнитный; микрометр МК 25-50															
37																
А 38	040 Контрольная															
Б 39	Стол контролера															
О 40	Проверить размеры, шероховатость, твердость															
Т 41	Штангенциркуль ШЦ-1; микрометр МК 25-50; эталоны шероховатости; твердомер ТК-2															
42																
43																
44																
45																
МК	Маршрутная карта															

### Пример оформления рабочих чертежей детали и заготовки на формате А4

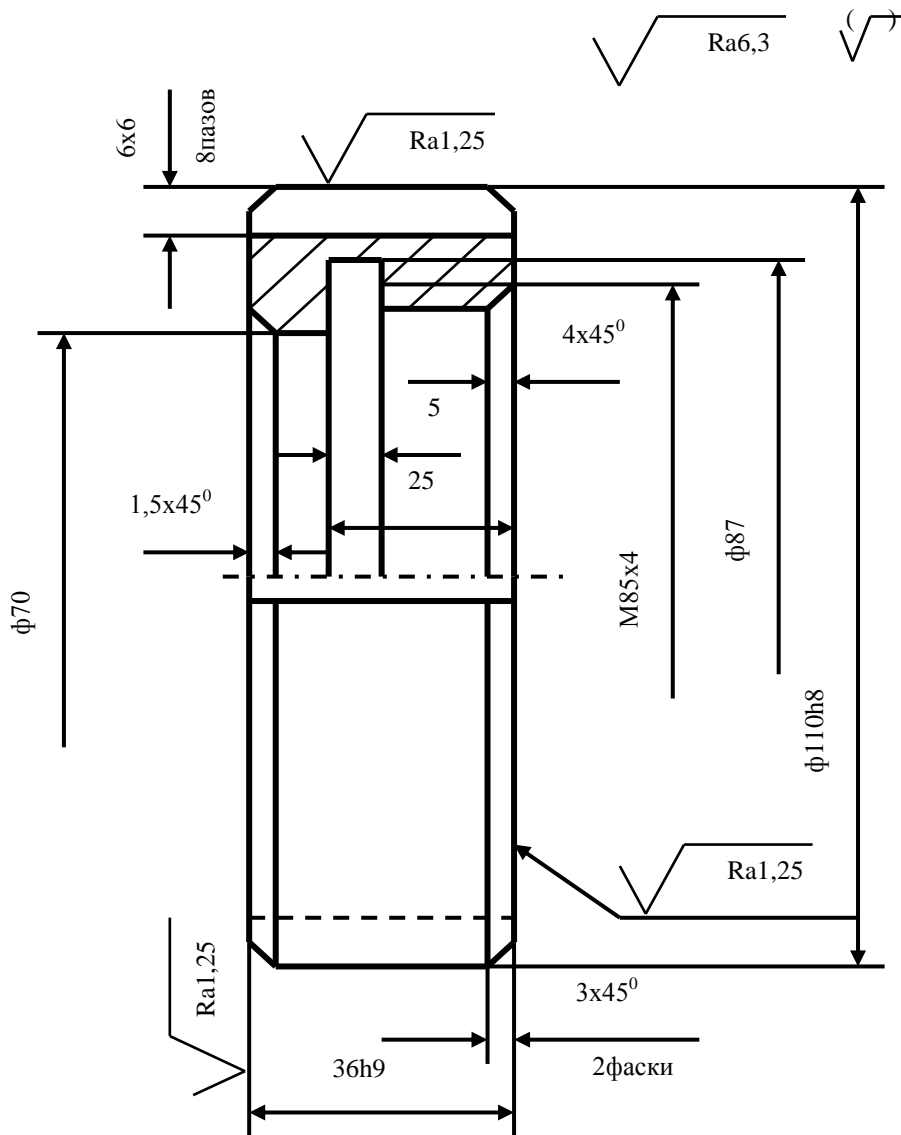


HRC 35...40

Из	Ли	№ док	Пол.	Ла	Опорная ось	Лит	Масса	Ма
Разраб.							3,2	1:1
Провер						Лист	Листов	
Н.конт					Сталь 45 ГОСТ 1050-89	БГАУ		
УТВ.								



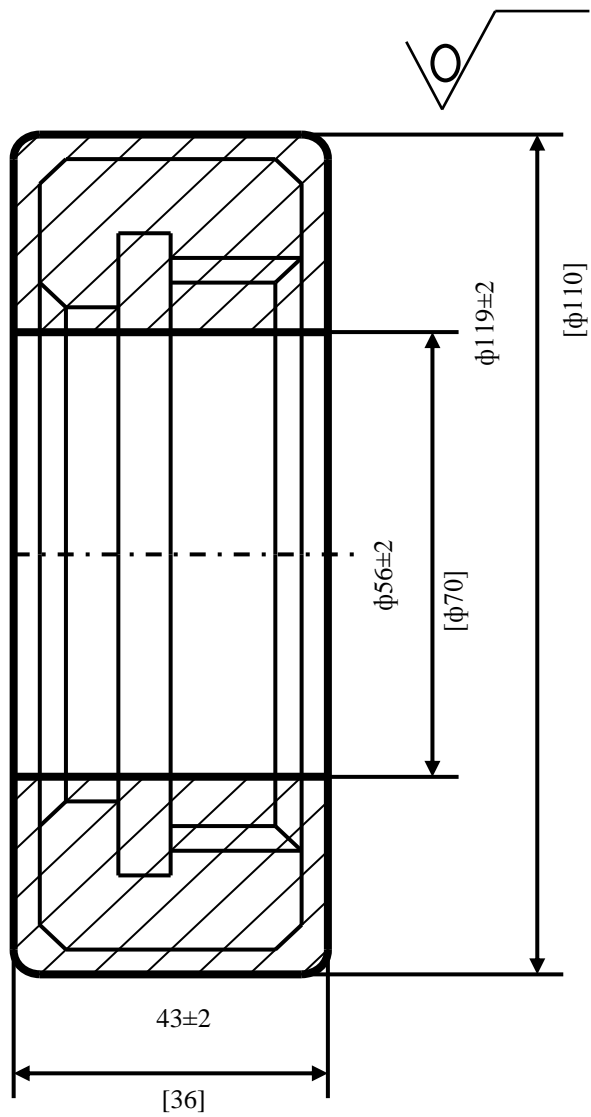
Из	Ли	№ док	Под.	Ла	Заготовка опорной оси (прокат)	Лит	Масса	Ма
Разраб.							9,3	1:2
Провер						Лист	Листов	
Н.конт					Сталь 45 ГОСТ 1050-89	БГАУ		
УТВ.								



HRC 28...32

Из	Ли	№ док	Под.	Ла	Гайка	Лит	Масса	Ма
Разраб.							1,4	1:1
Провер								
						Лист	Листов	
Н.конт					Сталь 40X ГОСТ 1050-89	БГАУ		
УТВ.								



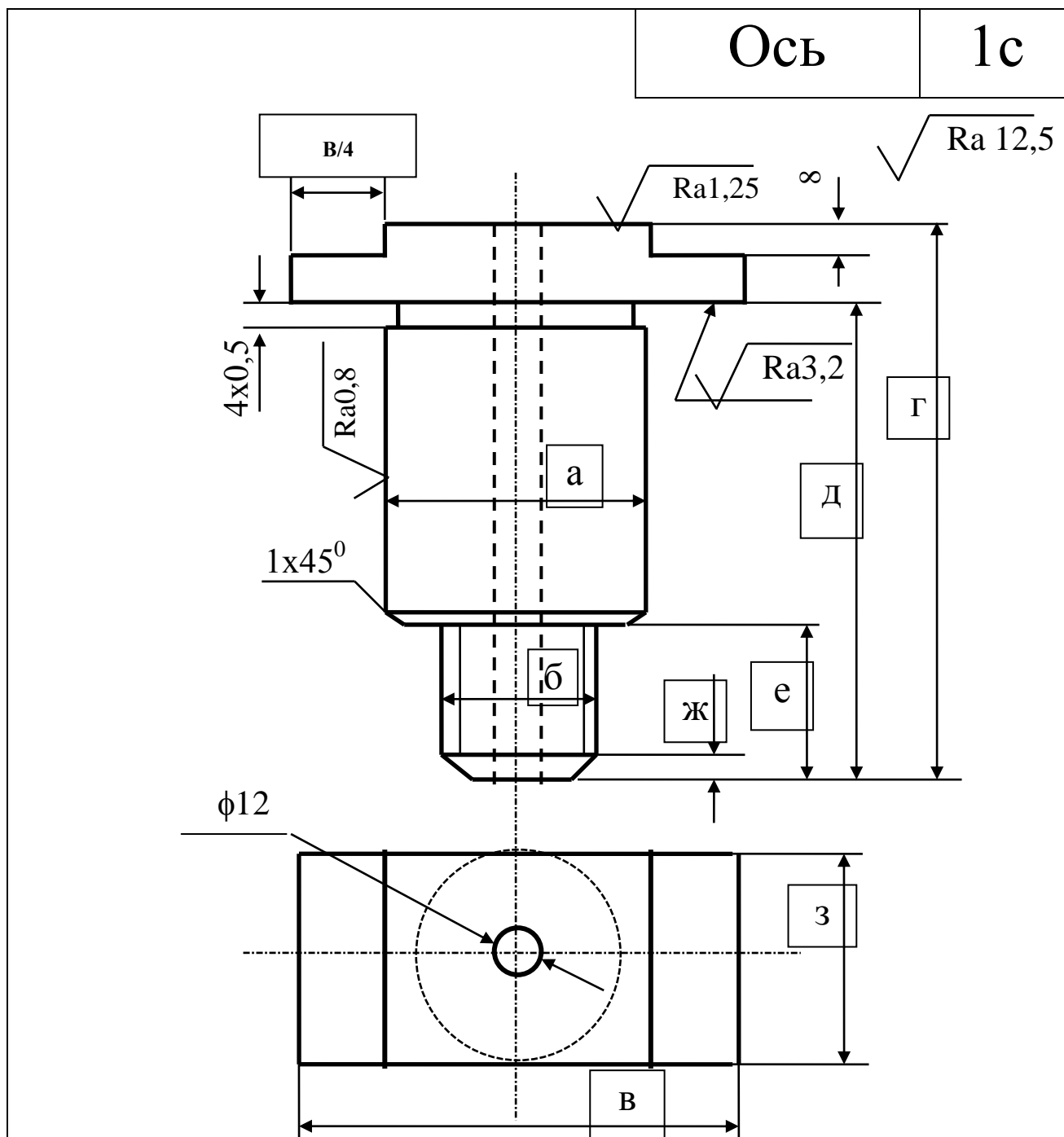


1. Поковку нормализовать

2. HB 220...240

Из	Ли	№ док	Под.	Ла	Заготовка гайки (поковка)	Лит	Масса	Ма
Разраб.							2,9	1:1
Провер								
						Лист	Листов	
Н.конт					Сталь 40Х ГОСТ 1050-89	БГАУ		
Утв.								

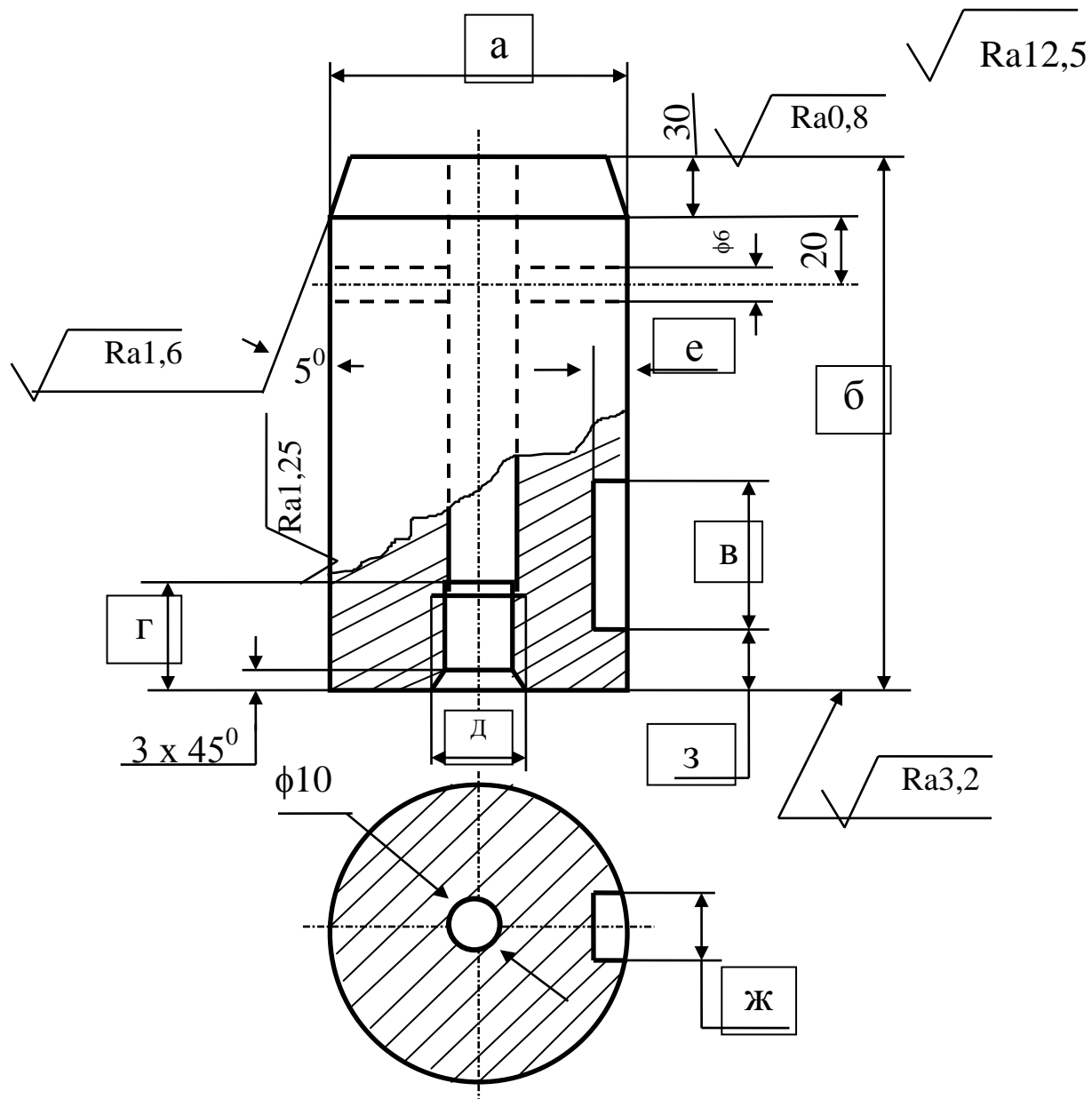
## 5.3 ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ



Вар	а	б	в	г	д	е	ж	з	Матер. Сталь	Термообр. <b>HRC</b>
<b>1</b>	φ65 h7	M33	80	200	180	40	3	65	40	35...40
<b>2</b>	φ80 h6	M33	120	220	200	45	3	84	20X	50...55
<b>3</b>	φ90 h7	M39	130	250	230	55	4	90	40X	25...30
<b>4</b>	φ100 h6	M42	170	320	300	60	4	120	55	40...45
<b>5</b>	φ120 h6	M45	180	200	180	65	4	120	40	35...40

Стопор

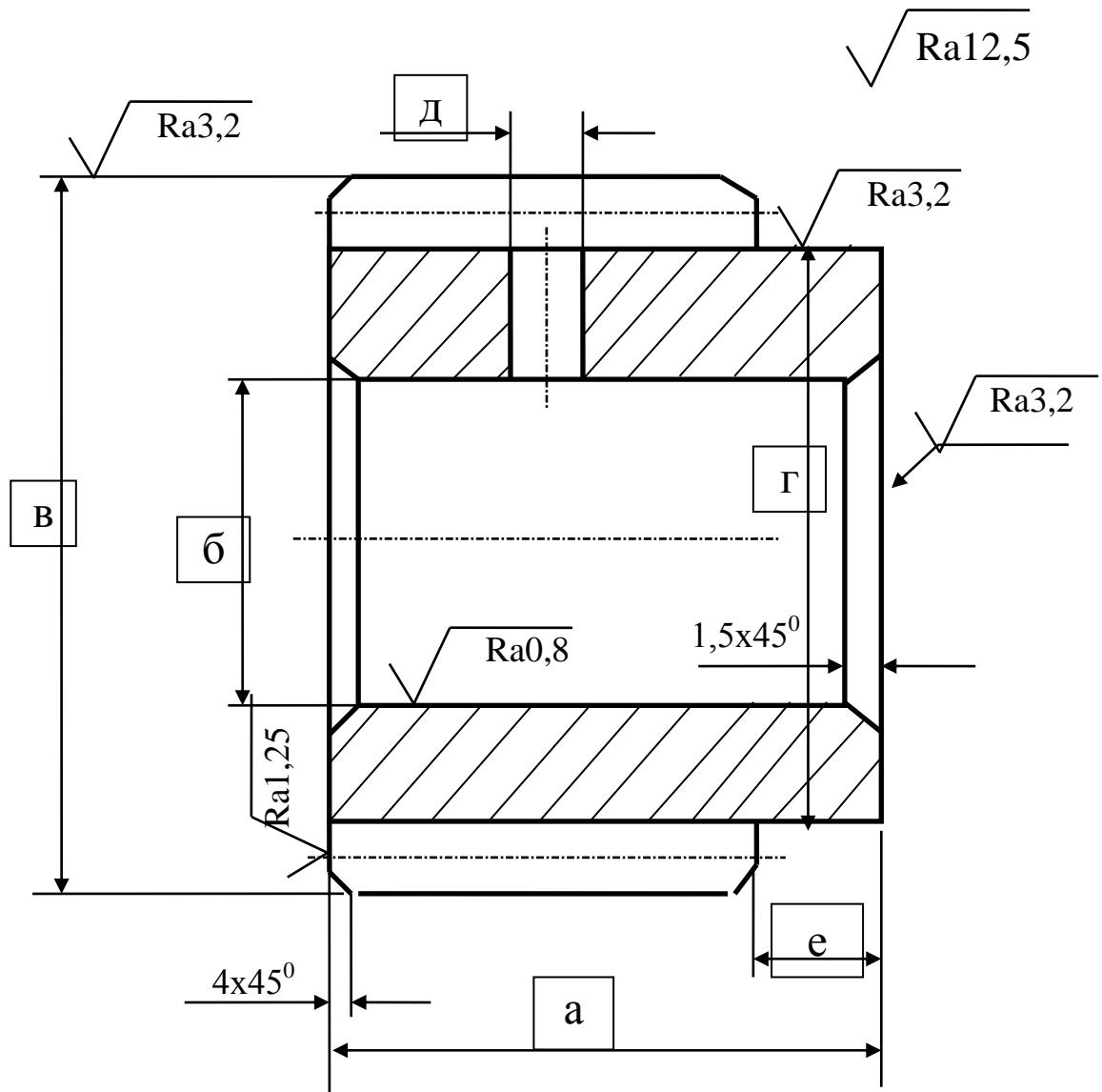
2с



Вар	$a$	$\text{б}$	$\text{в}$	$\text{г}$	$\text{д}$	$\text{е}$	$\text{ж}$	$\text{з}$	Сталь	Термообр. HRC
<b>1</b>	$\Phi 65 \text{ h}7$	220	40	28	M14	6	18	12	55	40...45
<b>2</b>	$\Phi 70 \text{ h}6$	260	50	32	M16	8	20	16	15	55...60
<b>3</b>	$\Phi 80 \text{ h}7$	270	70	42	M18	8	25	14	50	40...45
<b>4</b>	$\Phi 100 \text{ h}6$	300	75	45	M20	10	30	18	45	38...42
<b>5</b>	$\Phi 120 \text{ h}6$	220	45	30	M24	12	32	10	20X	55...60

## ШЕСТЕРНЯ

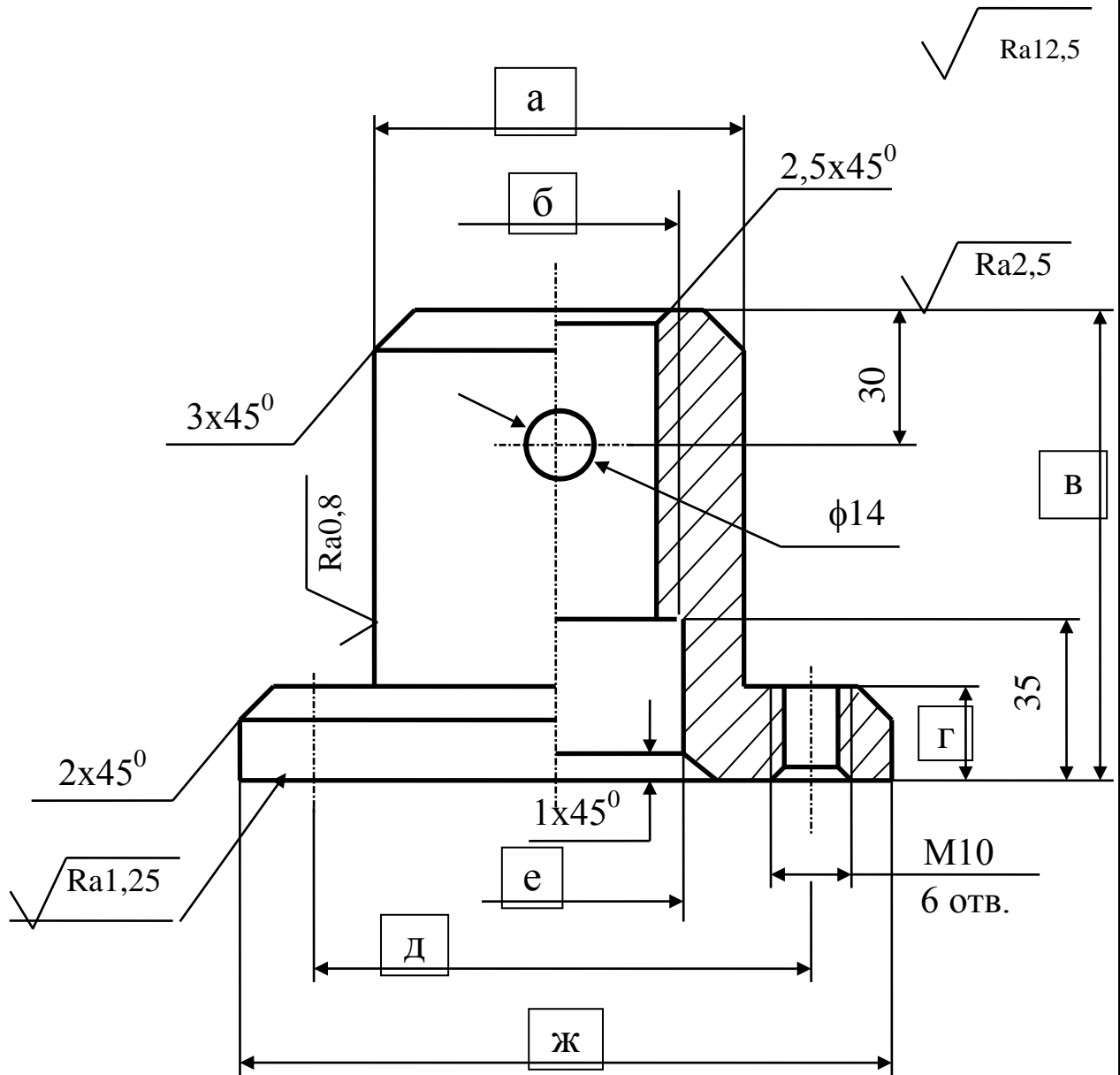
Зс



Ва р	а	б	в	г	д	е	<i>m</i>	<i>z</i>	Матер Сталь	Термообр. HRC
1	80	φ70 H6	Φ102	Φ80	φ3	40	3	32	45	25...30
2	90	Φ90 H7	Φ108	Φ100	φ3	45	3	34	20X	55...60
3	100	φ110 H7	Φ168	Φ120	φ4	50	4	40	15X	55...60
4	110	φ120 H6	Φ172	Φ140	φ4	55	4	42	40X	40...45
5	80	Φ130 H7	Φ180	φ160	φ4	40	4	43	50	40...50

Опора

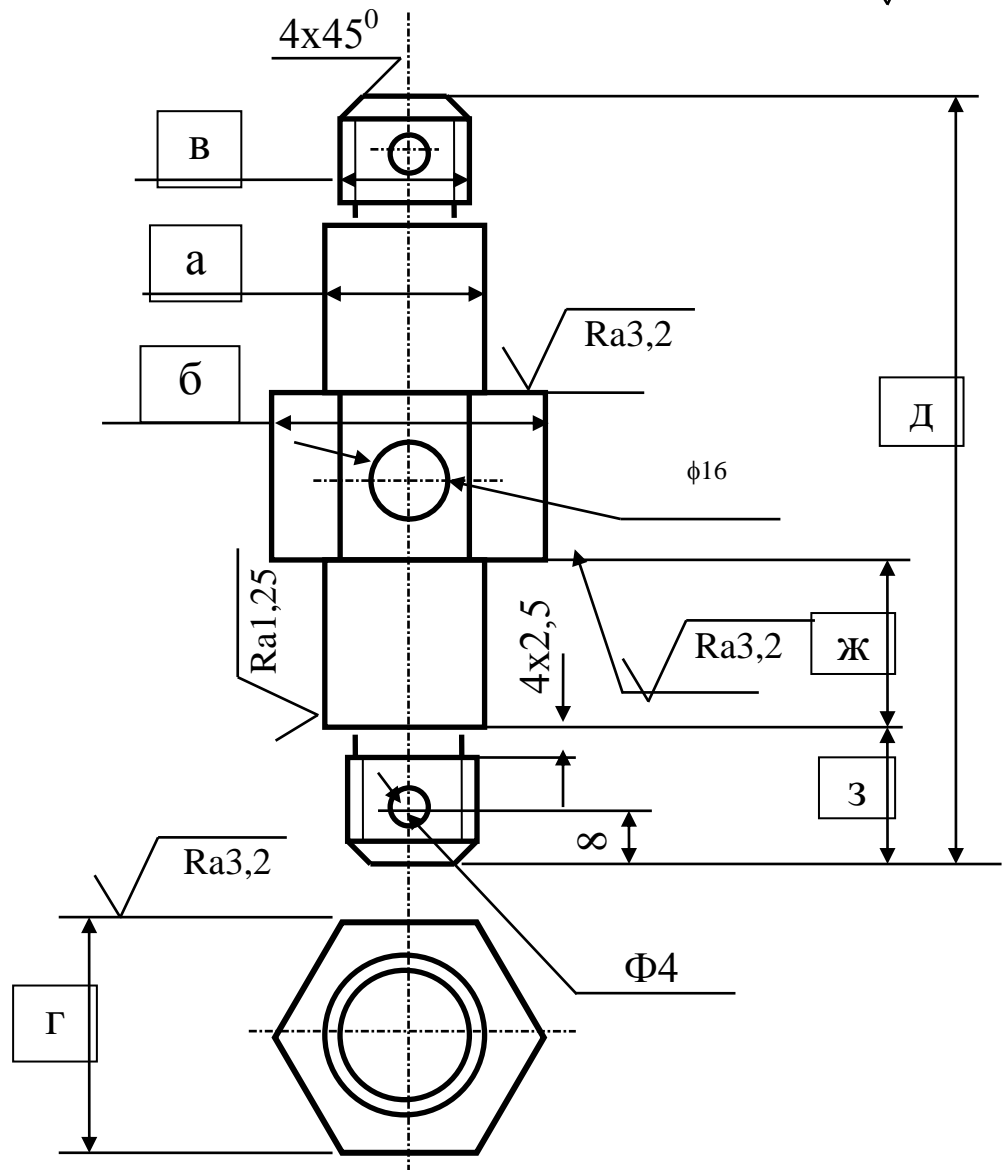
4с



Вар	а	б	в	г	д	е	ж	Матер Сталь	Термооб HRC
<b>1</b>	Φ85 h6	M60	110	20	Φ180	Φ65	Φ210	35	25...30
<b>2</b>	Φ95 h7	M64	130	22	Φ190	Φ72	Φ220	20х	50...55
<b>3</b>	Φ100 h6	M68	140	24	Φ200	Φ72	Φ240	40х	40...45
<b>4</b>	Φ110 h7	M72	160	26	Φ240	Φ78	Φ280	55	35...40
<b>5</b>	Φ120 h6	M82	100	20	Φ260	Φ85	Φ310	40	25...30

Ось

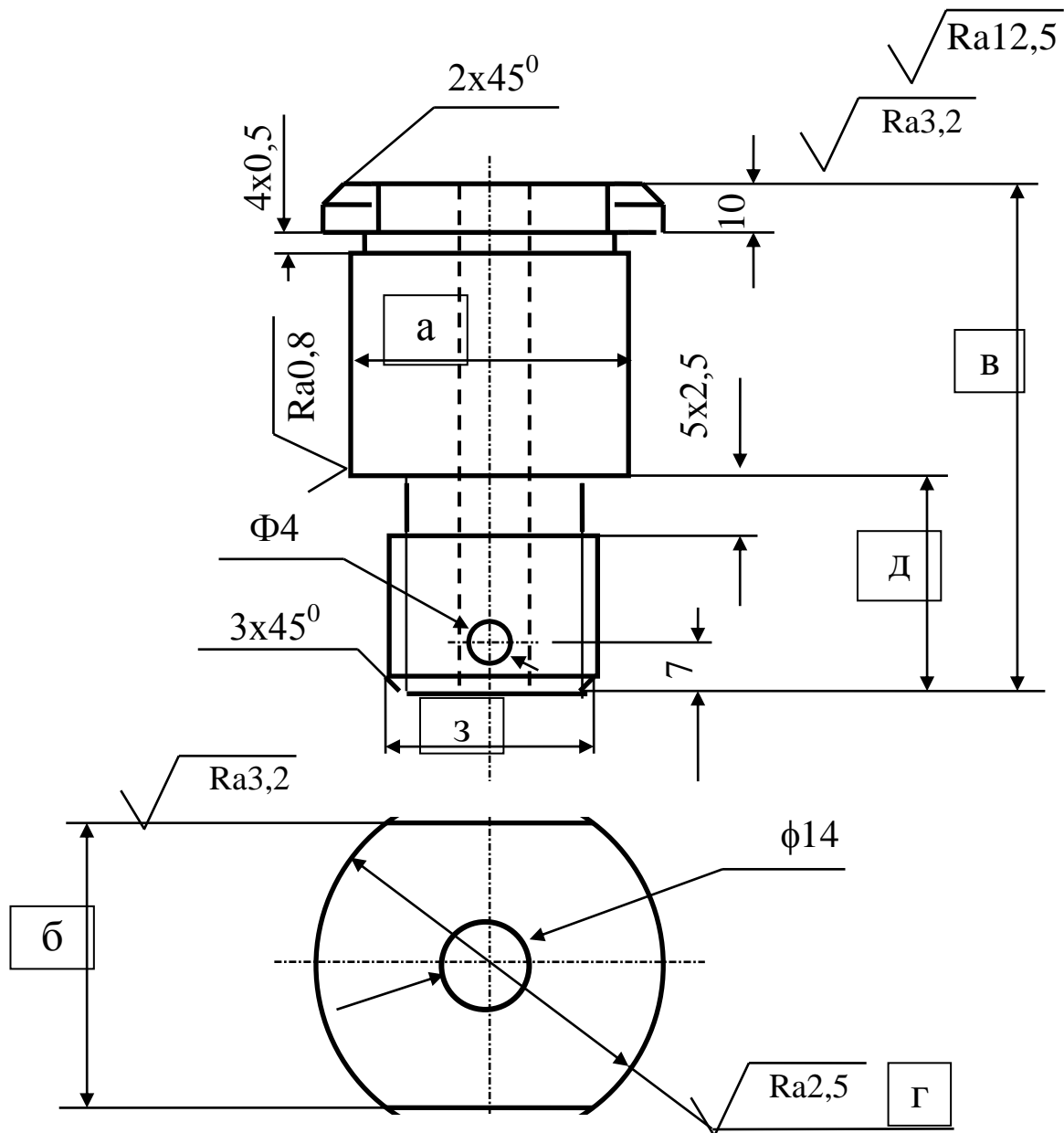
5с

 $\sqrt{Ra12,5}$ 

Вар	а	б	в	Г	Д	Ж	З	Матер Сталь	Термообр. HRC
<b>1</b>	Φ40 h6	φ51	M24	46	300	42	30	45	35...40
<b>2</b>	Φ45 h7	φ61	M27	55	320	44	32	40	25...30
<b>3</b>	Φ48 h6	φ73	M30	65	360	52	40	40x	35...40
<b>4</b>	Φ52 h7	φ84	M33	75	440	54	45	50	35...40
<b>5</b>	Φ58 h6	φ90	M36	80	200	40	30	20x	55...60

Опора

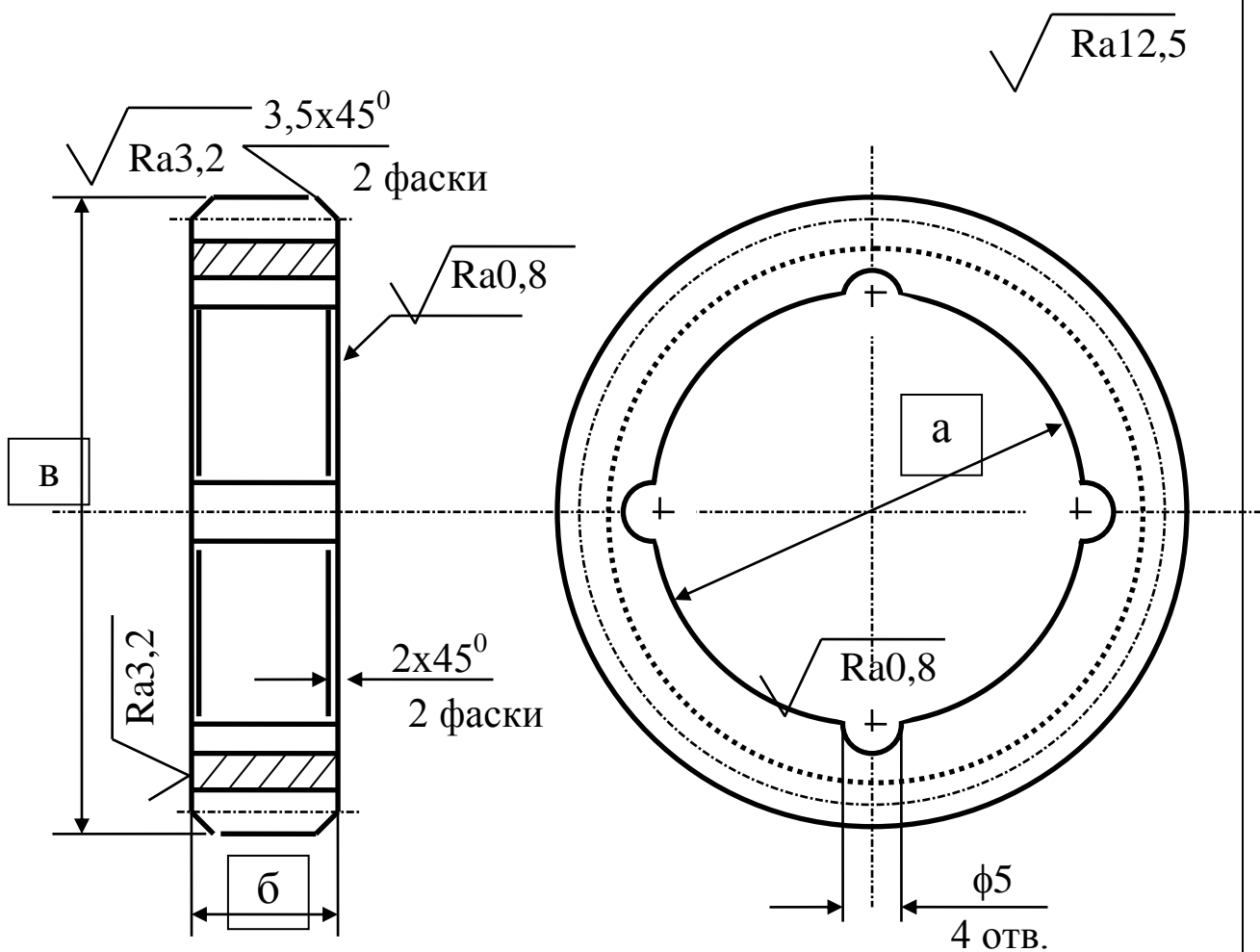
6с



Вар	а	б	в	г	д	з	Матер Сталь	Термообр. HRC
<b>1</b>	Φ55 h7	56 h11	140	Φ65	35	M24	20x	55...60
<b>2</b>	Φ65 h6	68 h11	150	Φ80	42	M27	45	38...42
<b>3</b>	Φ75 h7	78 h11	175	Φ90	44	M33	30	25...30
<b>4</b>	Φ85 h6	88 h11	210	Φ110	52	M36	50	40...45
<b>5</b>	Φ95 h7	100 h11	140	φ120	30	M48	40x	25...30

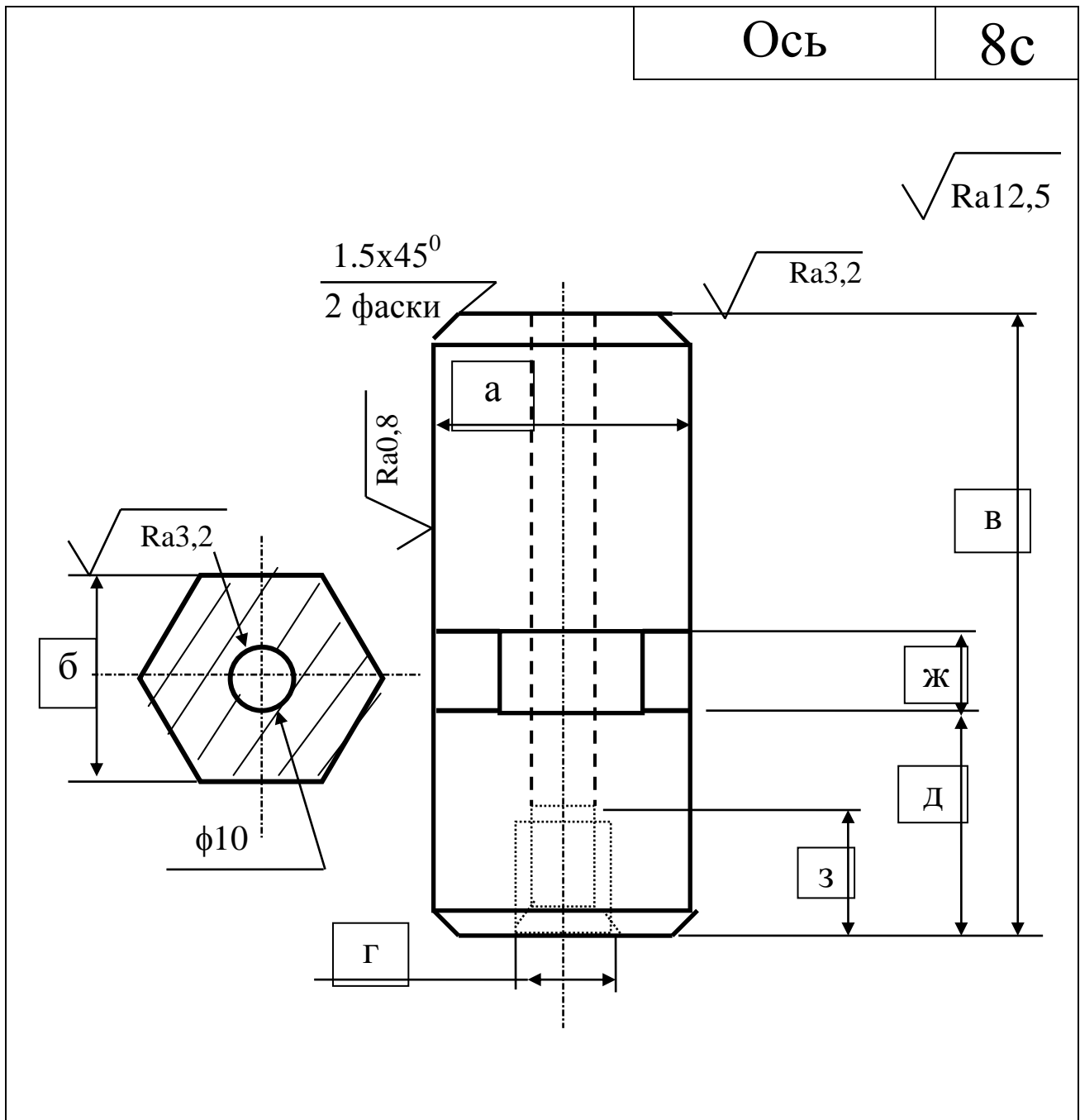
Венец

7с



Вар	а	б	в		<i>m</i>	<i>z</i>	Матер. Сталь	Термообр. HRC
<b>1</b>	Φ82 H7	42 h11	Φ128 h9		4	30	40x	38...43
<b>2</b>	Φ84 H6	45 h11	Φ140 h8		4	33	45	35...40
<b>3</b>	Φ90 H7	48 h11	φ152 h9		4	36	20x	55...60
<b>4</b>	Φ100 H6	52 h11	φ156 h8		4	42	40x	38...43
<b>5</b>	Φ120 H7	40 h11	Φ200 h9		4	50	50	40...55

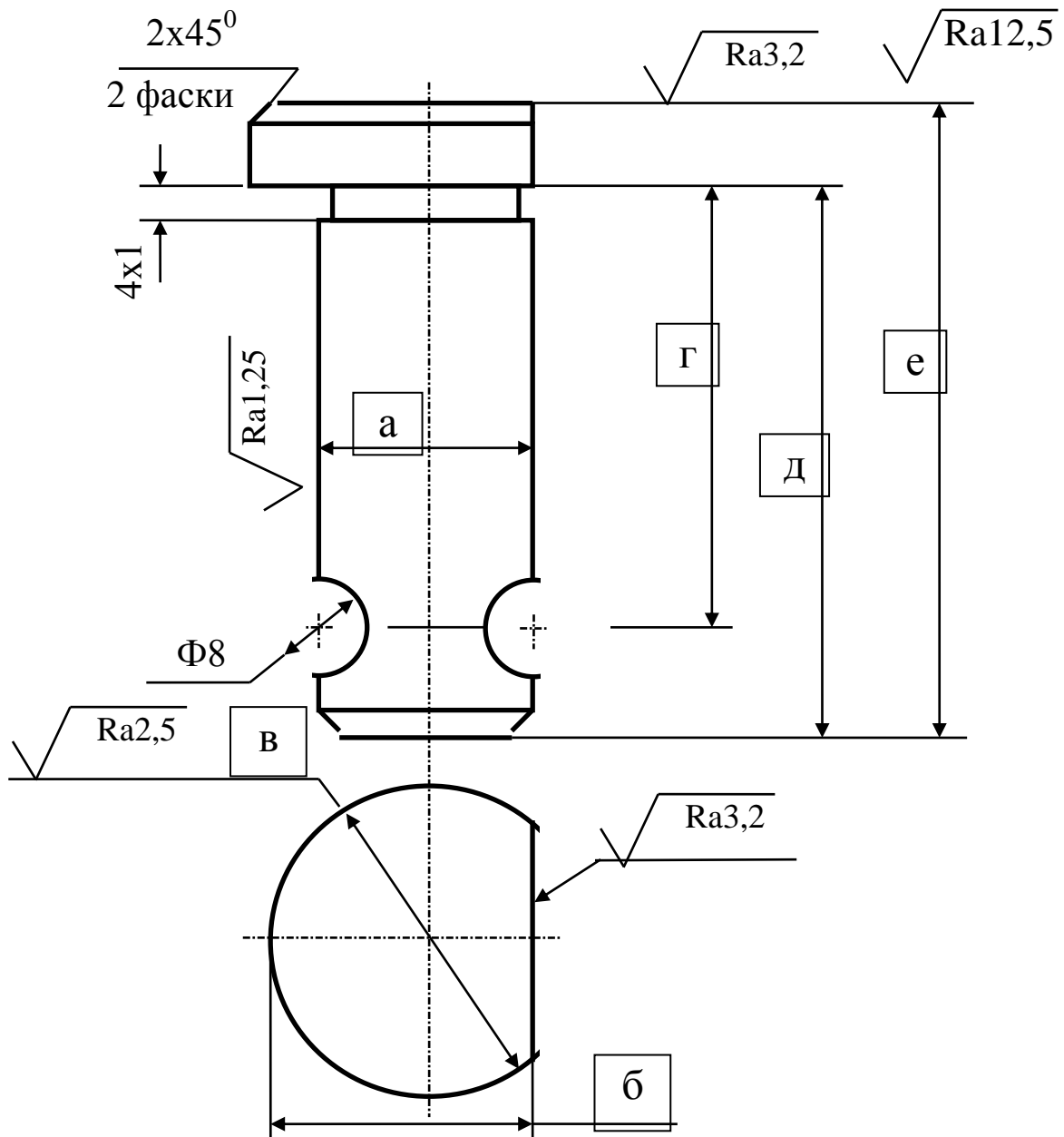




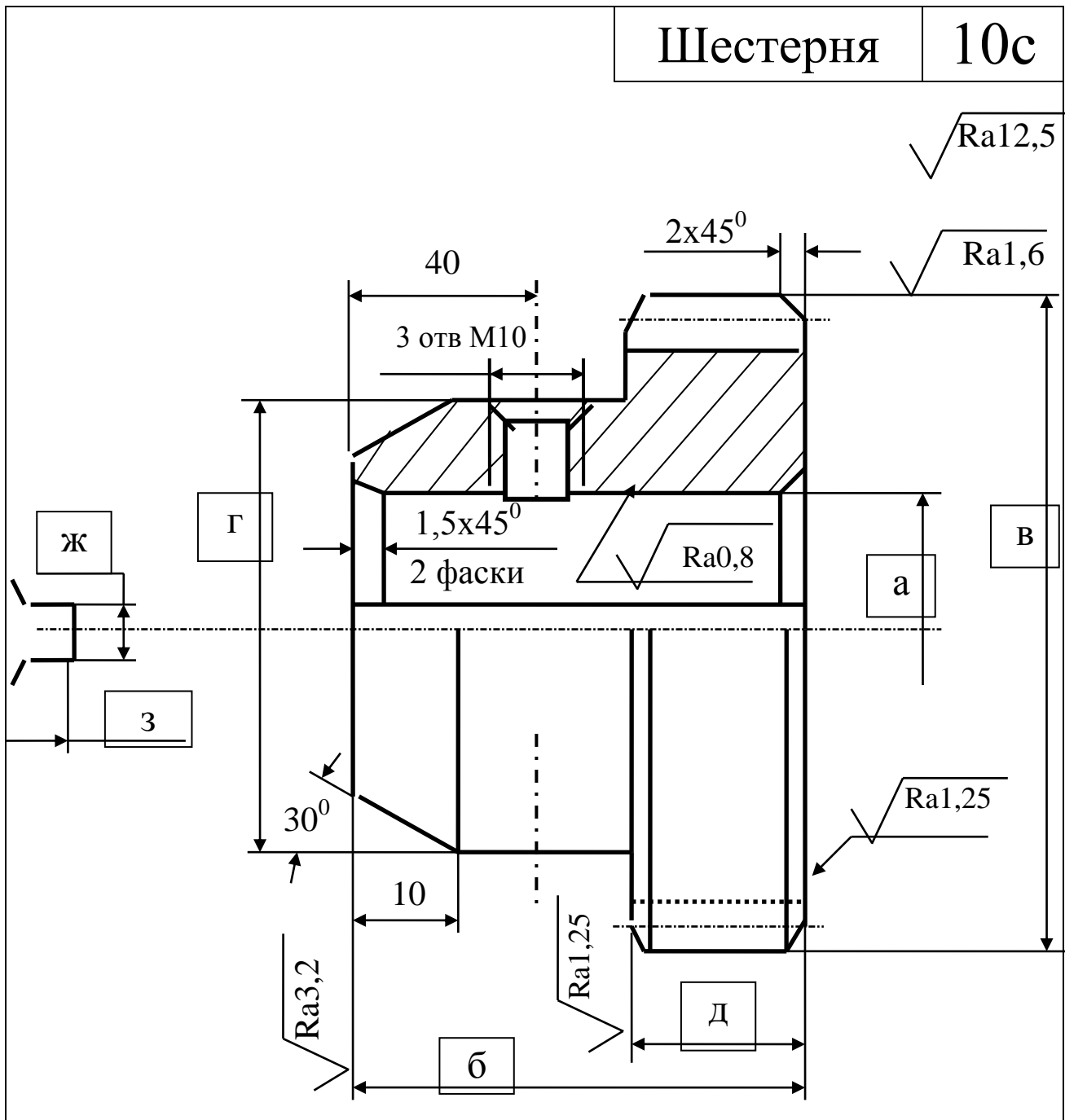
Вар	а	б	в	г	д	ж	з	Матер. Сталь	Термообр. <b>HRC</b>
<b>1</b>	φ45h7	36	170	M14	50	22	20	50	25...30
<b>2</b>	φ50 h6	40	190	M16	55	28	24	40x	38...42
<b>3</b>	φ60 h7	50	210	M18	60	30	30	20x	55...60
<b>4</b>	φ70 h6	60	220	M20	70	32	32	50	40...45
<b>5</b>	φ75 h7	60	160	M14	40	20	15	20x	55...60

Палец

9с



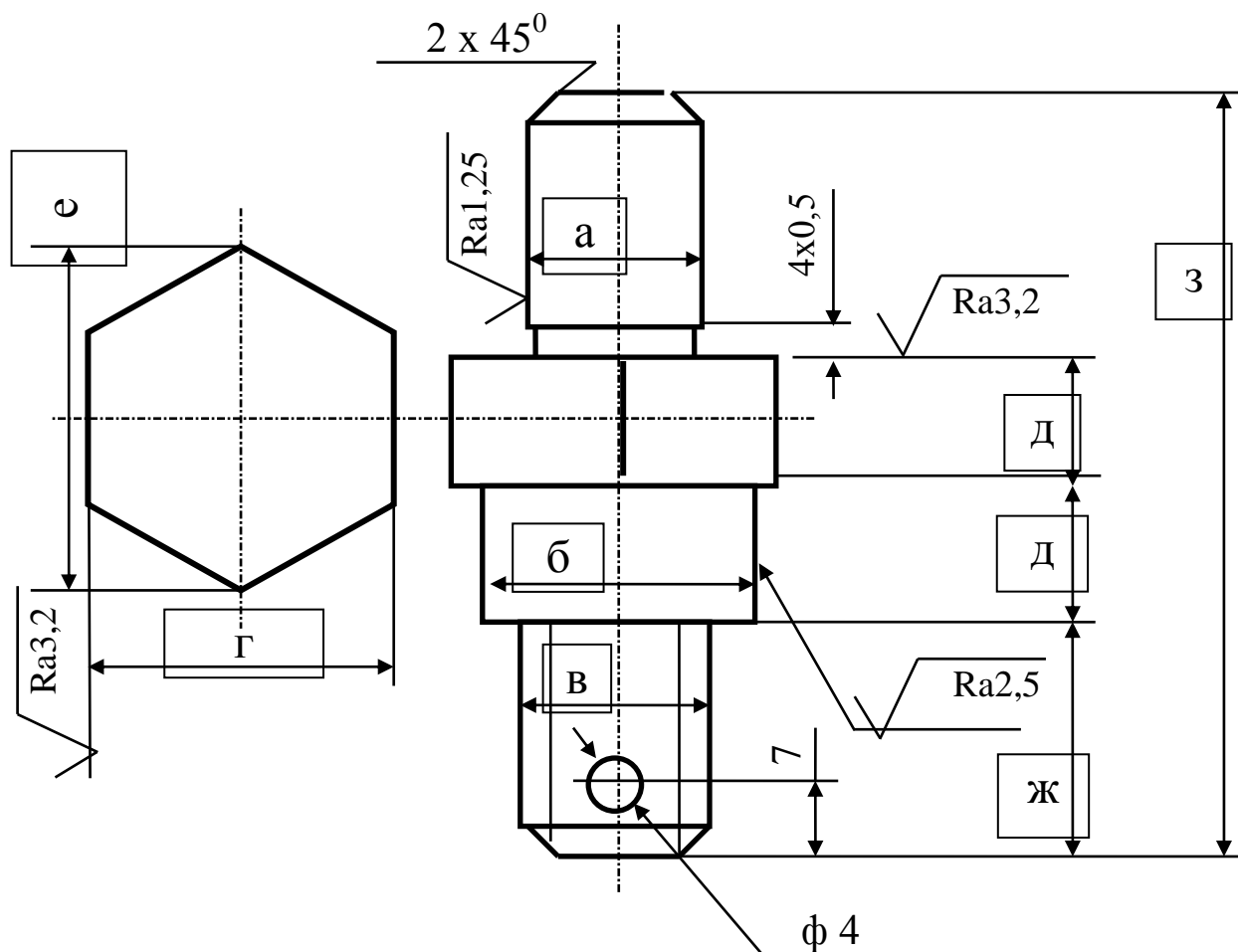
Вар	а	б	в	г	д	е	з	Матер. Сталь	Термообр. HRC
<b>1</b>	Ф52 h7	62	φ72	100	120	130		40х	30...35
<b>2</b>	Ф60 h8	72	φ82	110	130	150		55	25...30
<b>3</b>	Ф72 h6	82	φ90	130	150	170		40	25...30
<b>4</b>	Ф80 h7	92	φ105	150	170	195		20х	50...55
<b>5</b>	Ф90 h7	102	φ110	90	110	120		45	25...30



Вар	а	б	в	г	д	ж	з	Матер. Сталь	Термообр. <b>HRC</b>
<b>1</b>	Φ70 H6	110	Φ190	Φ125	20	20	77	20x	50...55
<b>2</b>	φ80 H7	140	Φ220	Φ135	32	20	88	45	35...40
<b>3</b>	φ100 H7	150	Φ225	Φ155	42	22	108	40x	38...43
<b>4</b>	φ105 H6	160	Φ235	Φ165	45	22	115	55	40...45
<b>5</b>	Φ120 H7	100	Φ240	φ175	24	24	130	50	40...55

Ось

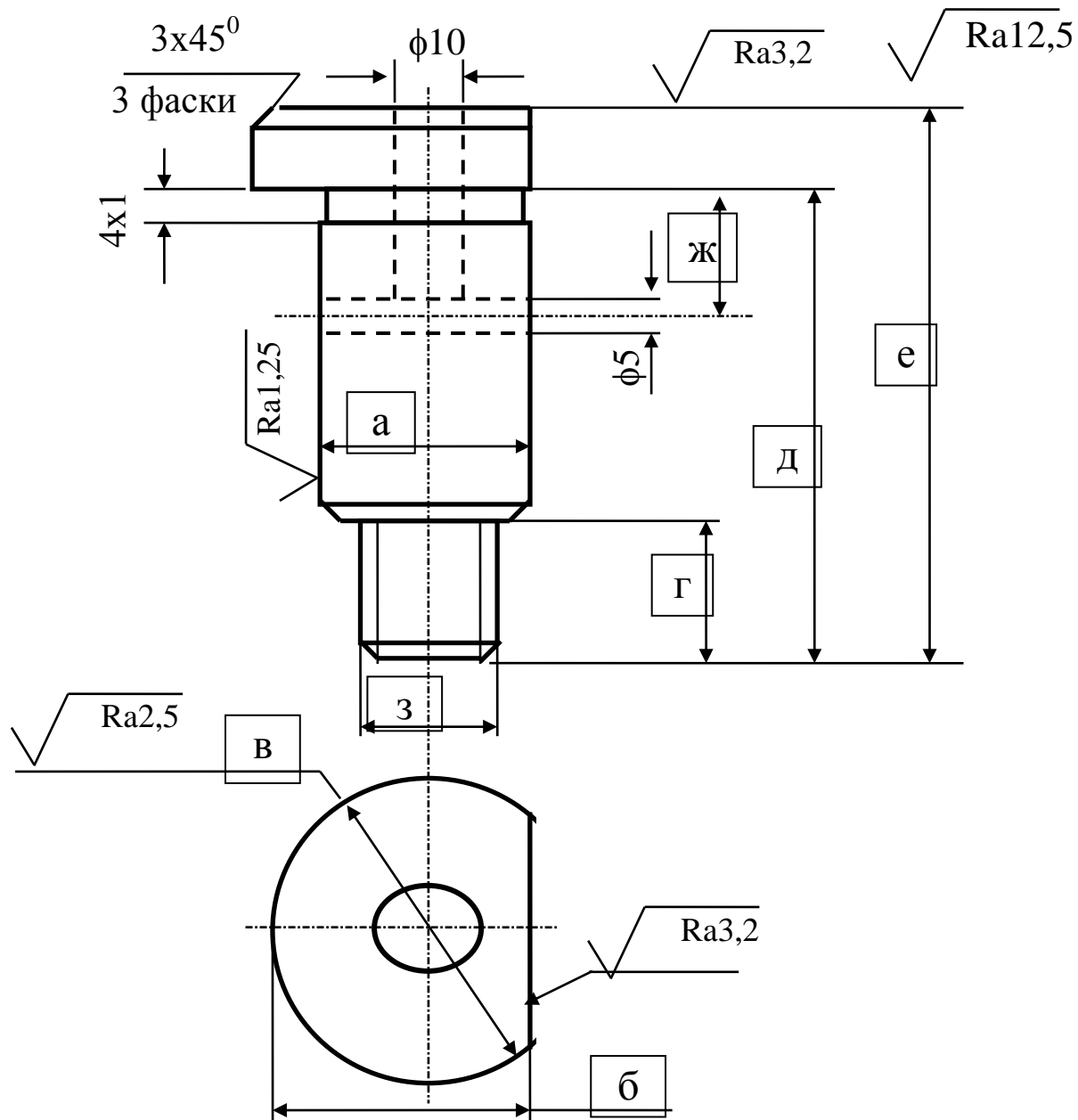
11с

 $\sqrt{Ra12,5}$ 

Вар	а	б	в	г	д	е	ж	з	Матер. Сталь	Термообр. HRC
<b>1</b>	Φ42 h6	φ48 h9	M22	55	32	φ60	30	200	40x	35...40
<b>2</b>	Φ48 h7	Φ52 h8	M24	60	32	φ64	32	225	40	25...30
<b>3</b>	Φ52 h6	φ58 h8	M30	65	34	φ72	40	235	55	35...40
<b>4</b>	Φ60 h7	Φ60 h9	M33	75	34	φ83	40	230	35	30...35
<b>5</b>	Φ62 h6	φ64 h8	M36	80	20	φ88	55	150	25x	50...55

Палец

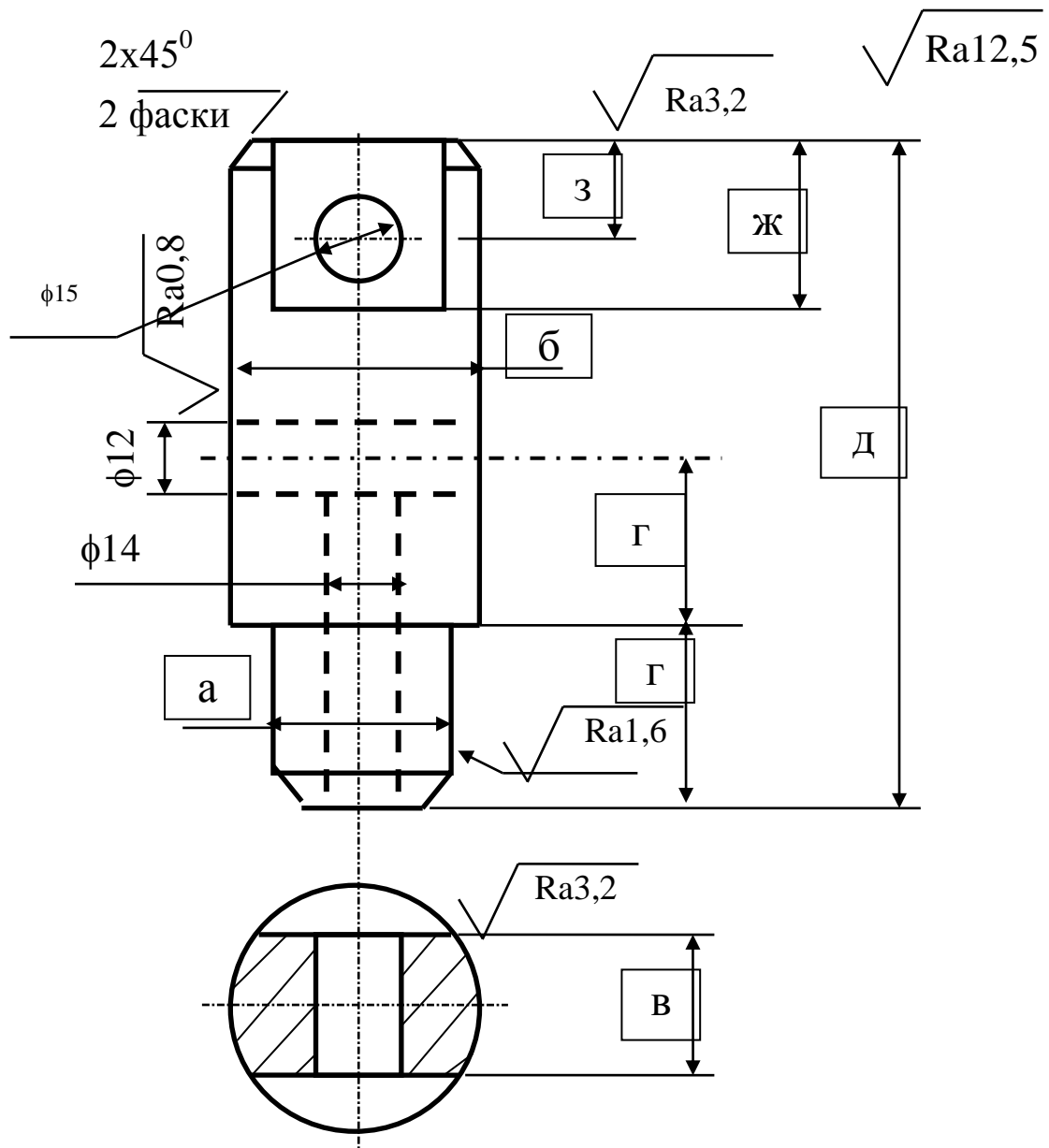
12с



Вар	а	б	в	г	д	е	ж	з	Матер. Сталь	Термообр HRC
<b>1</b>	Φ50 h6	75	Φ85	25	210	220	20	M18	40	40...45
<b>2</b>	Φ55 h7	80	Φ90	30	220	240	25	M22	15x	50...55
<b>3</b>	Φ70 h7	80	Φ95	35	230	250	30	M24	35	25...30
<b>4</b>	Φ80 h6	100	Φ110	40	260	280	35	M28	50	25...30
<b>5</b>	Φ100 h7	120	Φ140	20	180	200	15	M3 3	55	35...40

Стопор

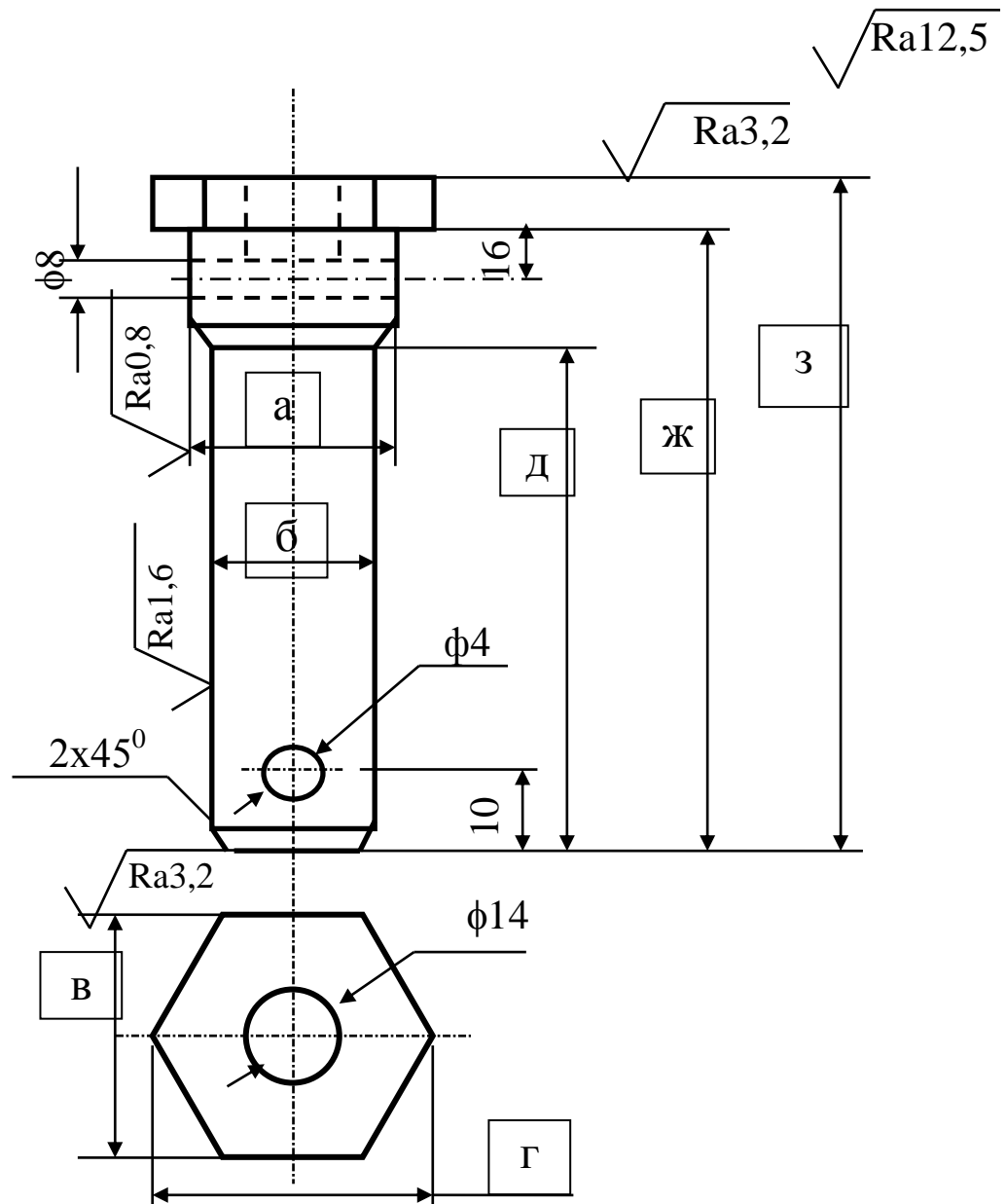
13с



Вар	а	б	В	Г	Д	Ж	З	Матер. Сталь	Термообр. HRC
<b>1</b>	φ50 h8	φ60 h7	44	40	300	40	20	40	35...40
<b>2</b>	Φ55 h9	Φ65 h6	50	45	320	44	22	50	40...45
<b>3</b>	Φ65 h8	Φ70 h6	54	50	340	50	25	35	25...30
<b>4</b>	Φ70 h9	Φ75 h7	60	55	350	54	27	20x	50...55
<b>5</b>	Φ72 97	Φ80 h7	64	25	260	40	20	40x	35...40

Палец

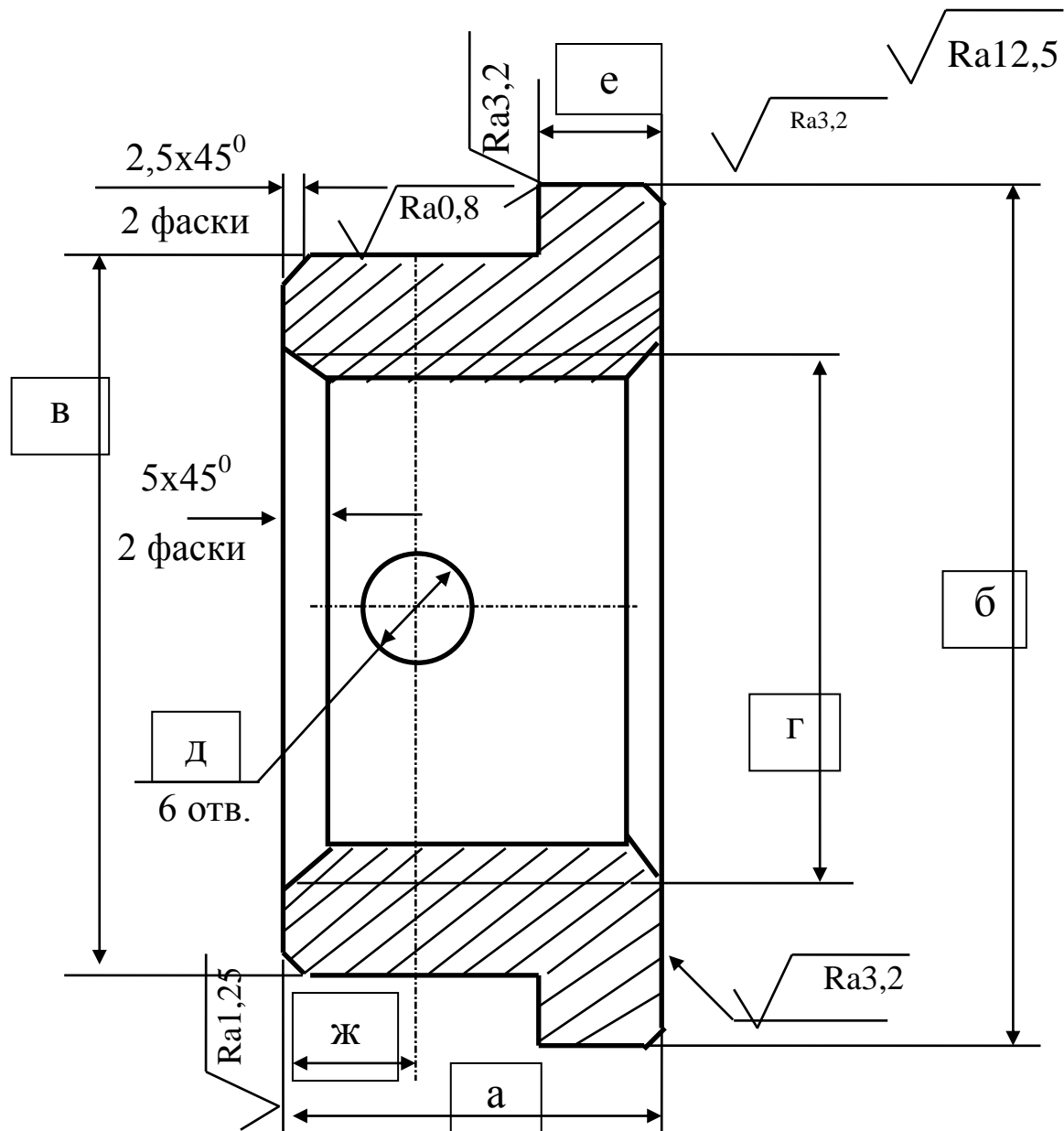
14с



Вар	а	б	в	Г	Д	Ж	з	Матер. Сталь	Термообр HRC
<b>1</b>	Φ52 h6	Φ45 h9	54	φ60	140	200	210	20x	55...60
<b>2</b>	Φ65 h6	Φ62 h9	68	Φ80	150	200	215	40x	25...30
<b>3</b>	Φ70 h7	Φ65 h9	75	Φ88	180	220	240	50	35...40
<b>4</b>	Φ80 h6	Φ75 h9	90	Φ100	200	240	260	45	35...40
<b>5</b>	Φ90 h7	Φ82 h9	100	Φ115	140	190	200	35	35...40

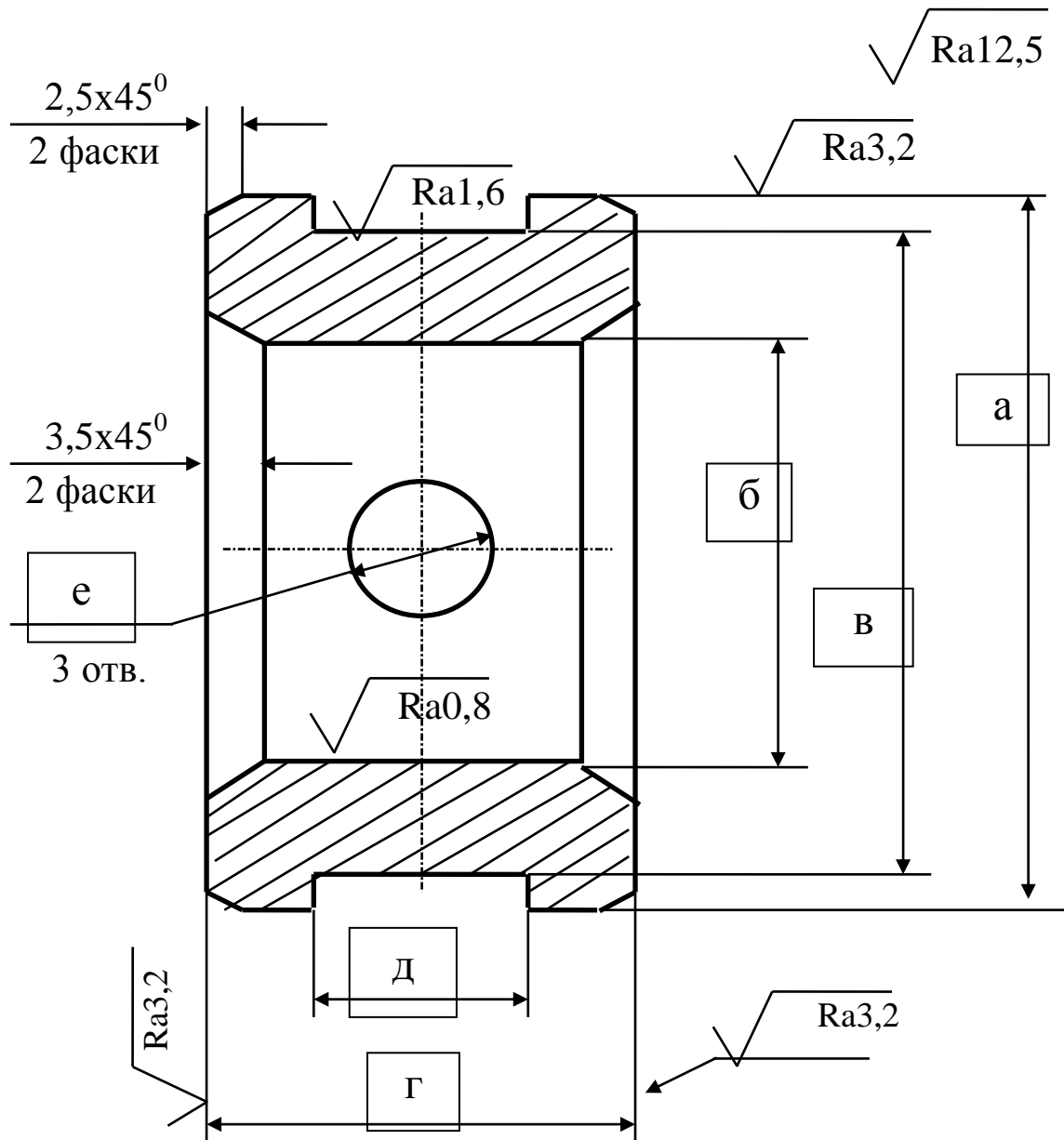
Гайка

15с



Вар	а	б	в	г	д	е	ж	Матер. Сталь	Термообр HRC
<b>1</b>	60	S=150	φ135 h7	M70x4	φ10	20	20	45	25...30
<b>2</b>	70	S=160	φ140 h8	M75x4	φ10	25	20	40	35...40
<b>3</b>	80	S=165	φ145 h7	M80x6	φ12	30	25	55	40...45
<b>4</b>	95	S=170	φ150 h8	M90x6	φ12	35	25	40x	38...42
<b>5</b>	50	S=180	φ160 h7	M95x6	φ14	15	20	50	40...45

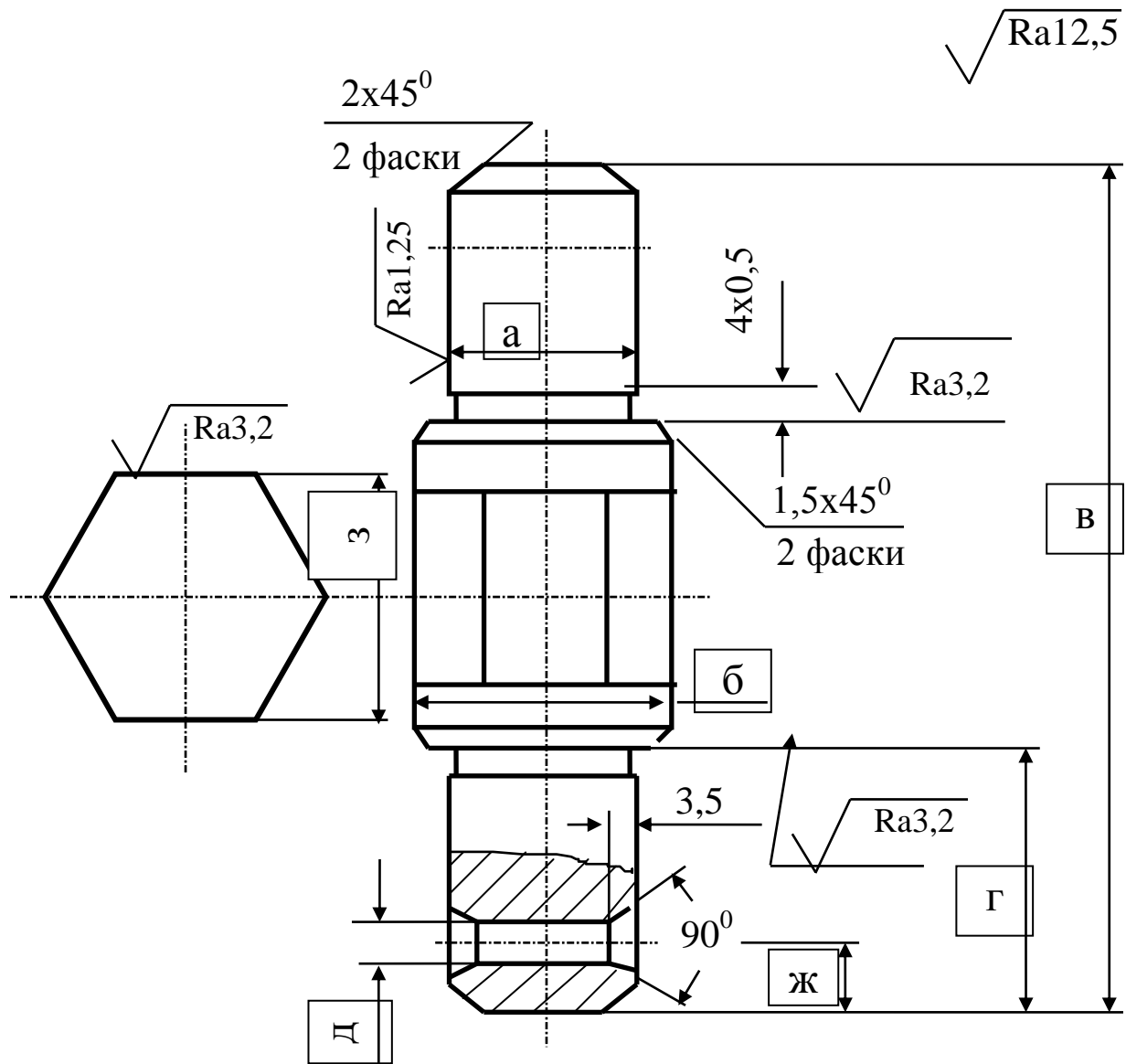


**Кольцо****16с**

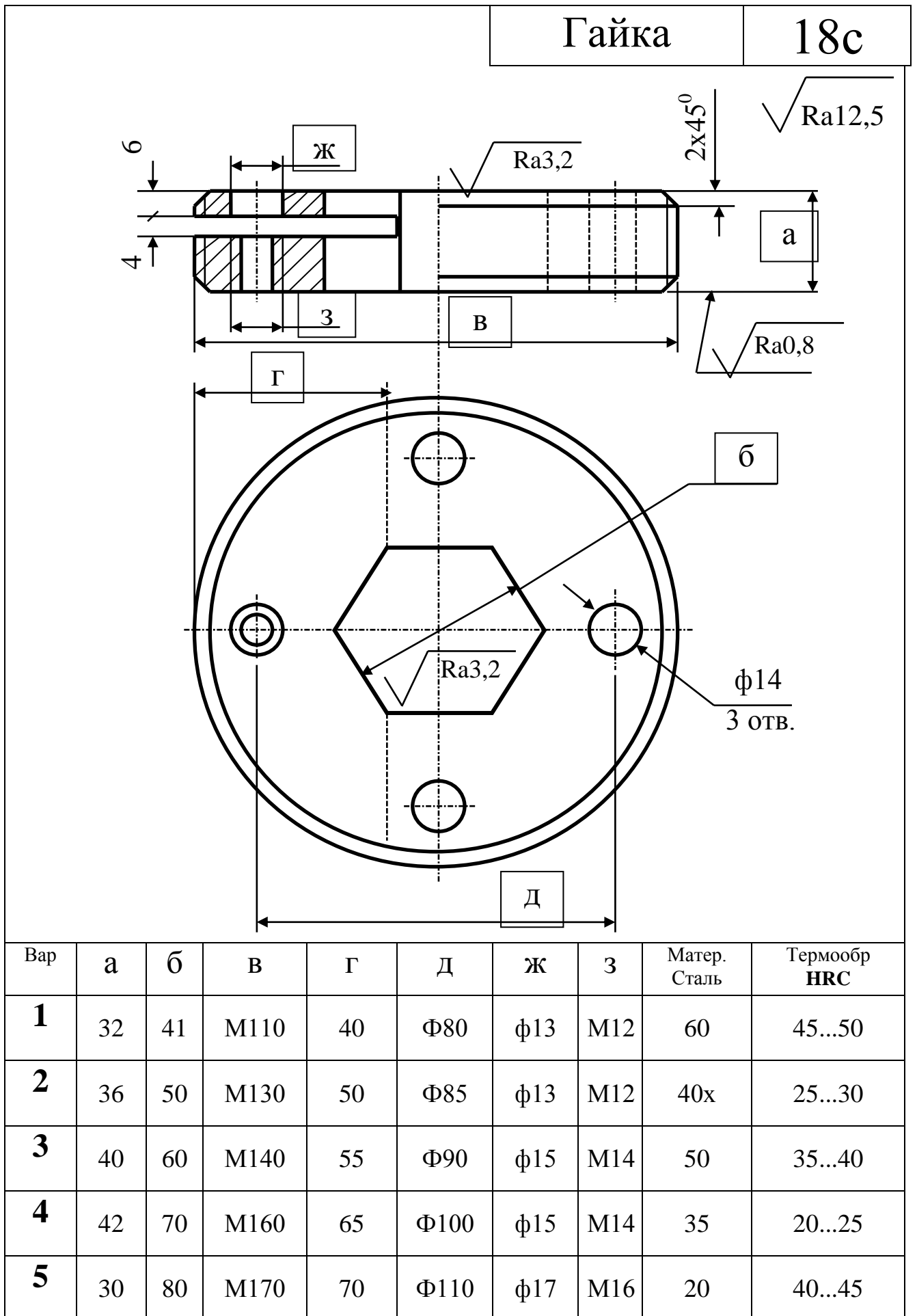
Вар	а	б	в	г	д	е	Матер. Сталь	Термообр. HRC
<b>1</b>	$\phi 120$	$\phi 75 H7$	$\phi 100 h9$	80	50	$\Phi 12h7$	45	38...42
<b>2</b>	$\phi 135$	$\phi 80 H7$	$\phi 115 h8$	94	60	$\Phi 12h7$	50	40...45
<b>3</b>	$\phi 140$	$\phi 90 H6$	$\phi 120 h8$	110	80	$\phi 15h7$	45	25...30
<b>4</b>	$\phi 155$	$\phi 100 H6$	$\phi 130 h8$	120	90	$\phi 15h8$	40	35...40
<b>5</b>	$\phi 160$	$\phi 110 H7$	$\phi 140 h9$	60	40	$\phi 16h8$	40x	40...45

Ось

17с

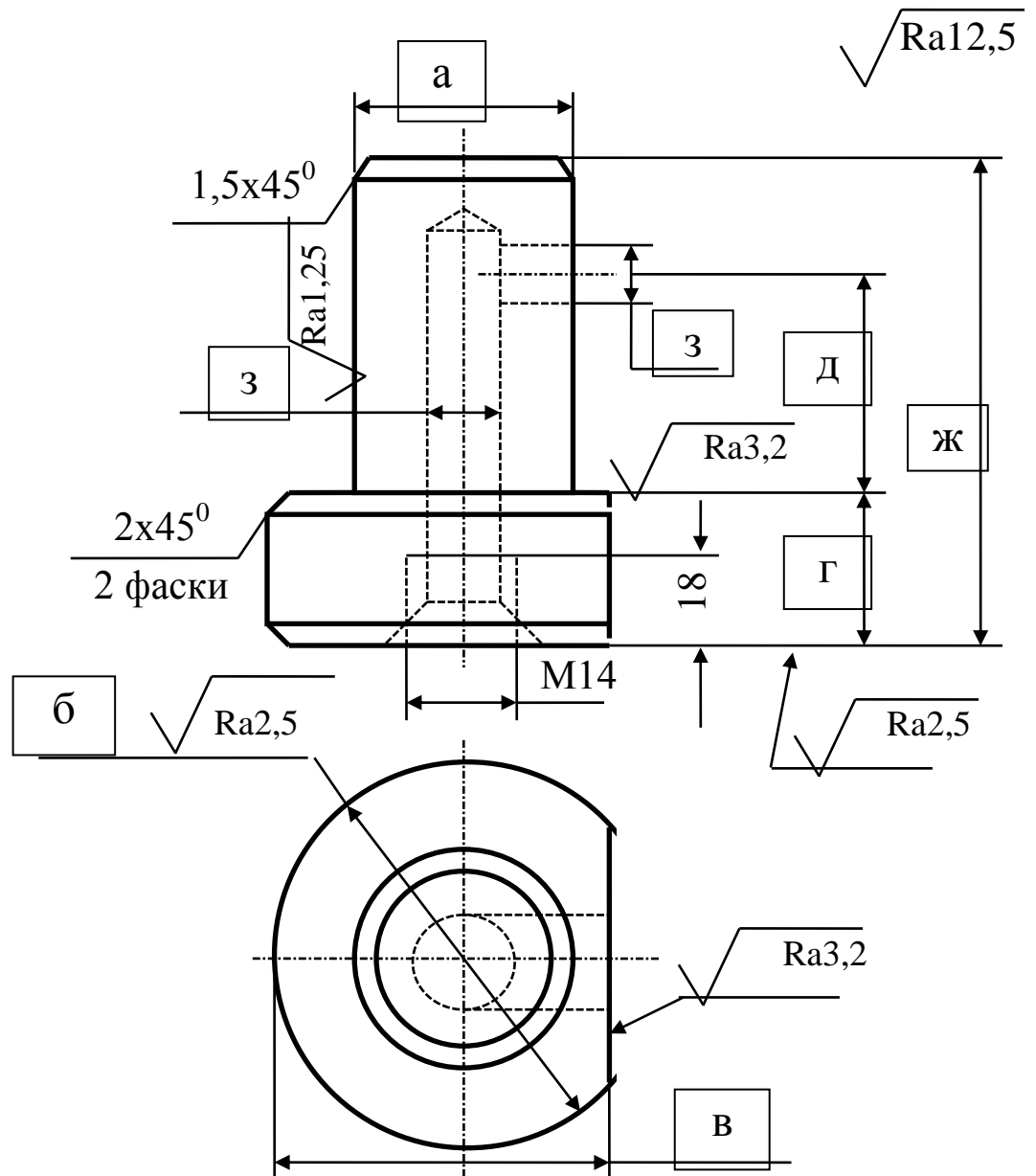


Вар	а	б	в	Г	Д	Ж	З	Матер. Сталь	Термообр HRC
<b>1</b>	Φ40 h6	Φ82	280	50	Φ6	10	70	55	40...45
<b>2</b>	φ50 h7	Φ94	300	60	Φ8	10	80	40	38...42
<b>3</b>	φ55 h6	φ98	320	65	Φ8	12	85	35	25...30
<b>4</b>	φ60 h7	φ102	360	70	Φ10	12	90	15x	55... 60
<b>5</b>	Φ70 h6	Φ110	200	40	Φ10	10	95	35	25...30



Цапфа

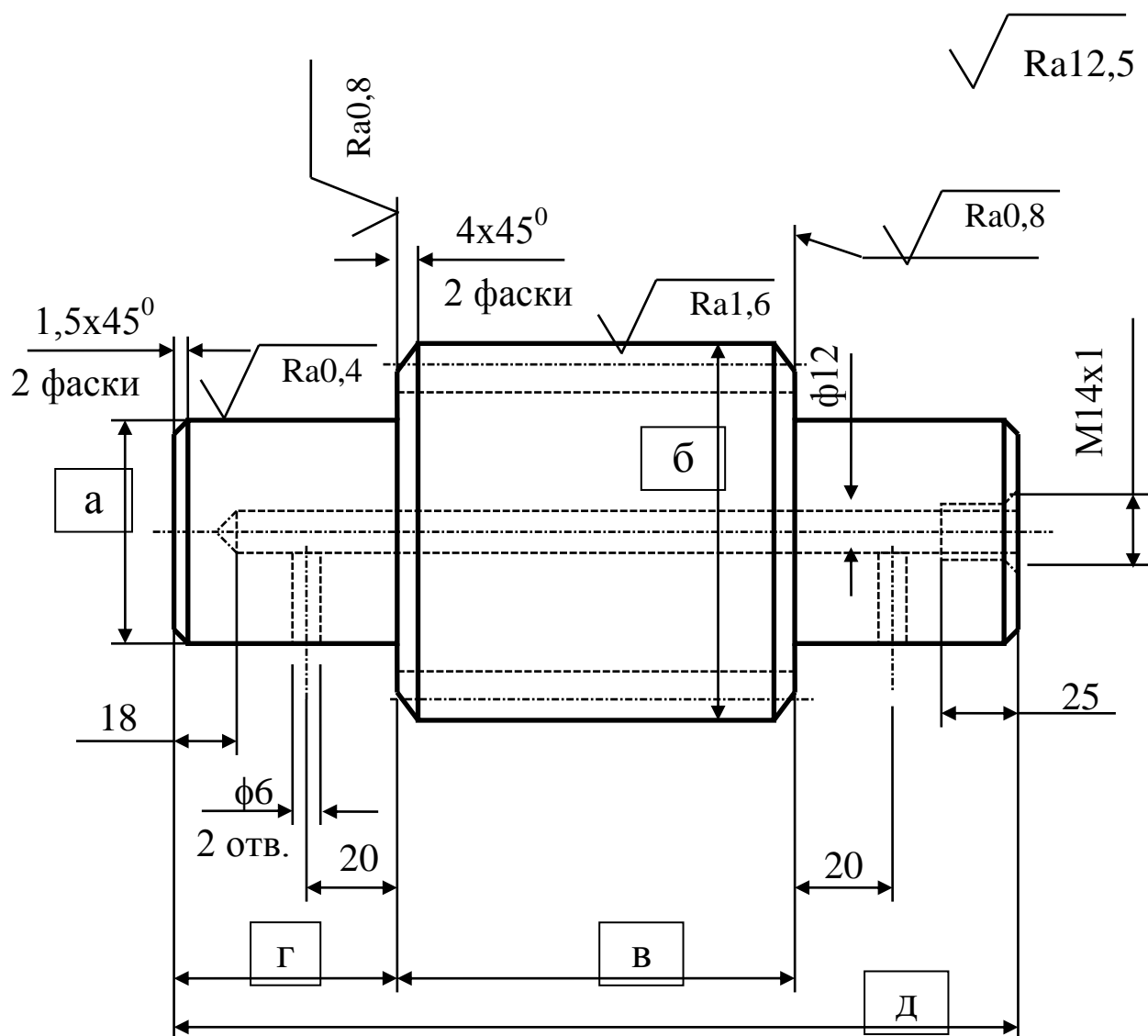
19с



Вар	а	б	в	г	д	ж	з	Матер. Сталь	Термообр HRC
<b>1</b>	Φ62 h6	Φ92 h8	80	40	80	190	Φ8	30	25...30
<b>2</b>	Φ72 h7	φ105 h8	85	40	90	210	Φ8	45	35...40
<b>3</b>	Φ84 h6	φ115 h9	95	50	90	220	Φ9	40x	40...45
<b>4</b>	Φ92 h7	Φ120 h9	110	50	100	240	Φ9	15x	50...55
<b>5</b>	Φ100 h6	Φ140 h8	120	30	100	160	Φ10	45	25...30

Шестерня

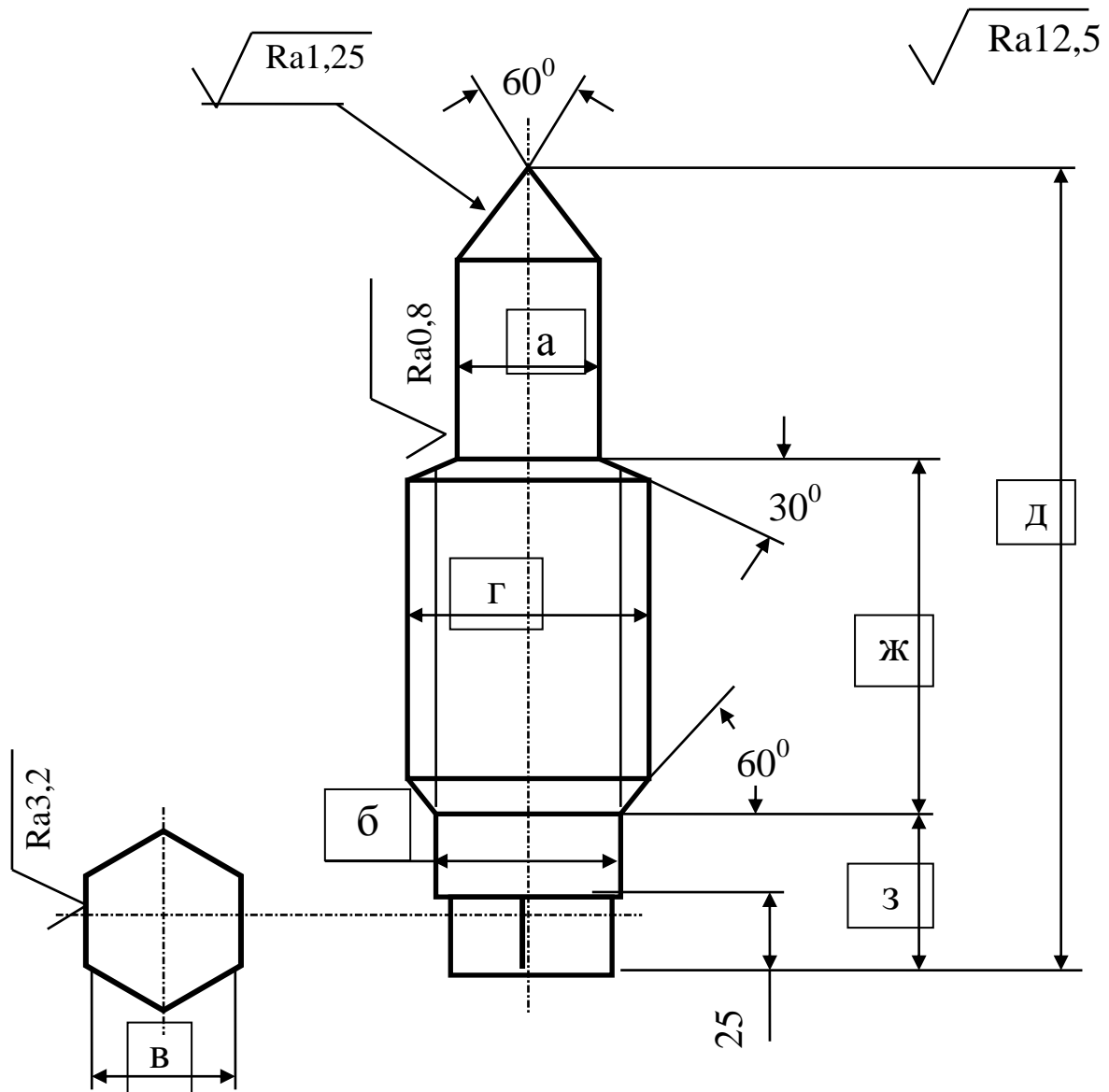
20с



Вар	а	б	в	г	д	ж	з	Матер. Сталь	Термообр HRC
<b>1</b>	$\Phi 60 \text{ h}6$	$\phi 120$	60	50	200			45х	25...30
<b>2</b>	$\Phi 70 \text{ h}7$	$\phi 140$	70	45	180			40	38...42
<b>3</b>	$\phi 80 \text{ h}6$	$\phi 150$	100	80	280			10х	55...60
<b>4</b>	$\phi 90 \text{ h}7$	$\phi 160$	120	80	300			50	40...45
<b>5</b>	$\phi 100 \text{ h}6$	$\Phi 180$	40	55	160			35	25...30

ВИНТ

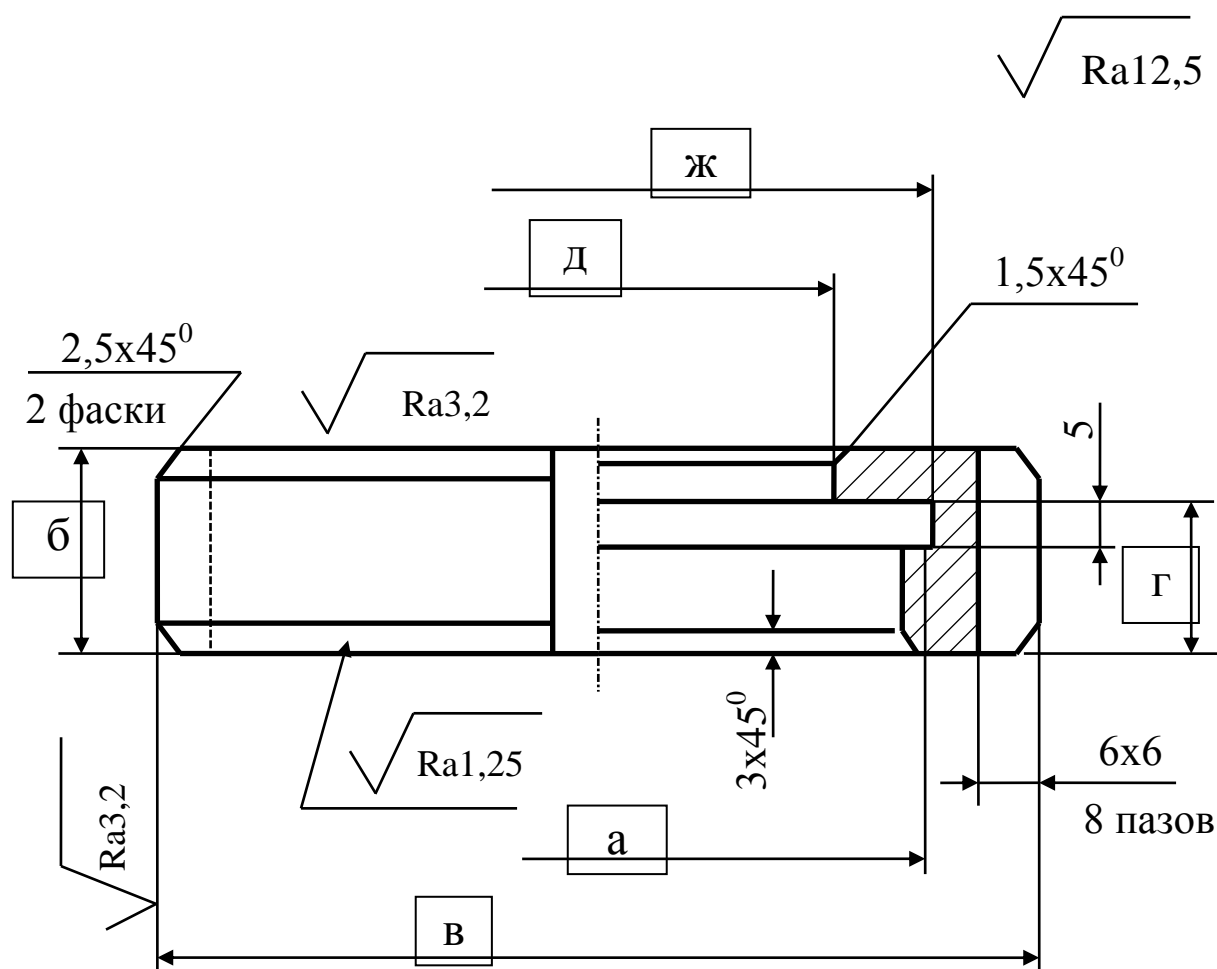
21с



Вар	а	б	В	Г	Д	Ж	З	Матер. Сталь	Термообр HRC
<b>1</b>	φ52 h6	Φ64	41	M84	220	100	40	45	25...30
<b>2</b>	Φ65 h6	Φ75	50	M90	250	120	45	40х	35...40
<b>3</b>	φ70 h7	Φ90	60	M100	260	130	50	55	40...45
<b>4</b>	Φ75 h7	Φ110	70	M120	300	150	44	45	38...42
<b>5</b>	Φ40h6	Φ60	40	M80	200	80	42	60	40...45

Гайка

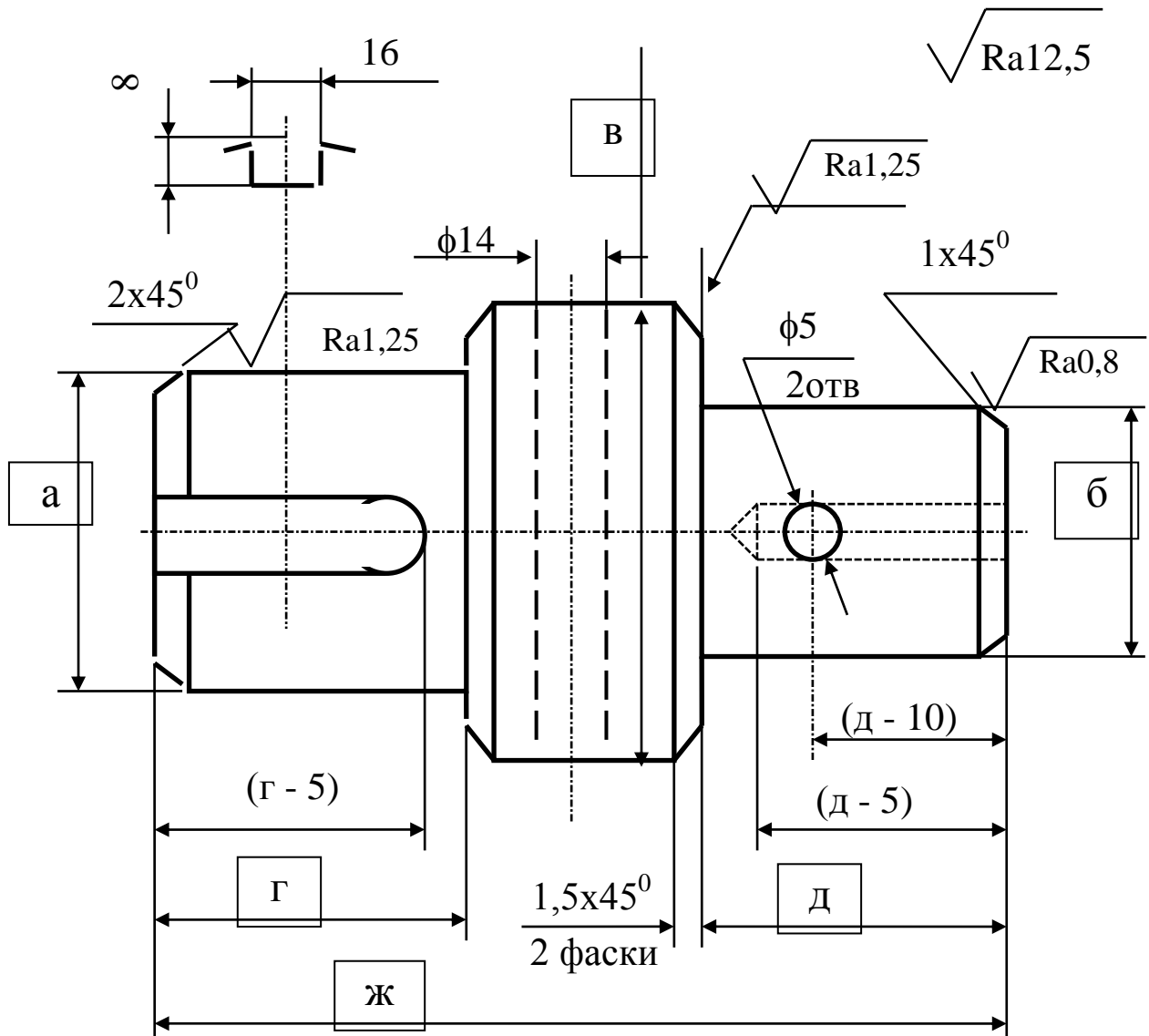
22с



Вар	а	б	в	г	д	ж	з	Матер. Сталь	Термообр. HRC
<b>1</b>	M64x1,5	44	Φ90h8	40	Φ42	Φ65		60	40...45
<b>2</b>	M72x1,5	54	Φ110h9	45	Φ48	Φ74		50	25...30
<b>3</b>	M80x2	62	Φ115h8	52	Φ50	Φ82		40х	35...40
<b>4</b>	M90x2	60	Φ130h9	52	Φ60	Φ92		30	20...25
<b>5</b>	M100x3	50	Φ140h8	40	Φ65	Φ102		20	45...50

Цапфа

23с

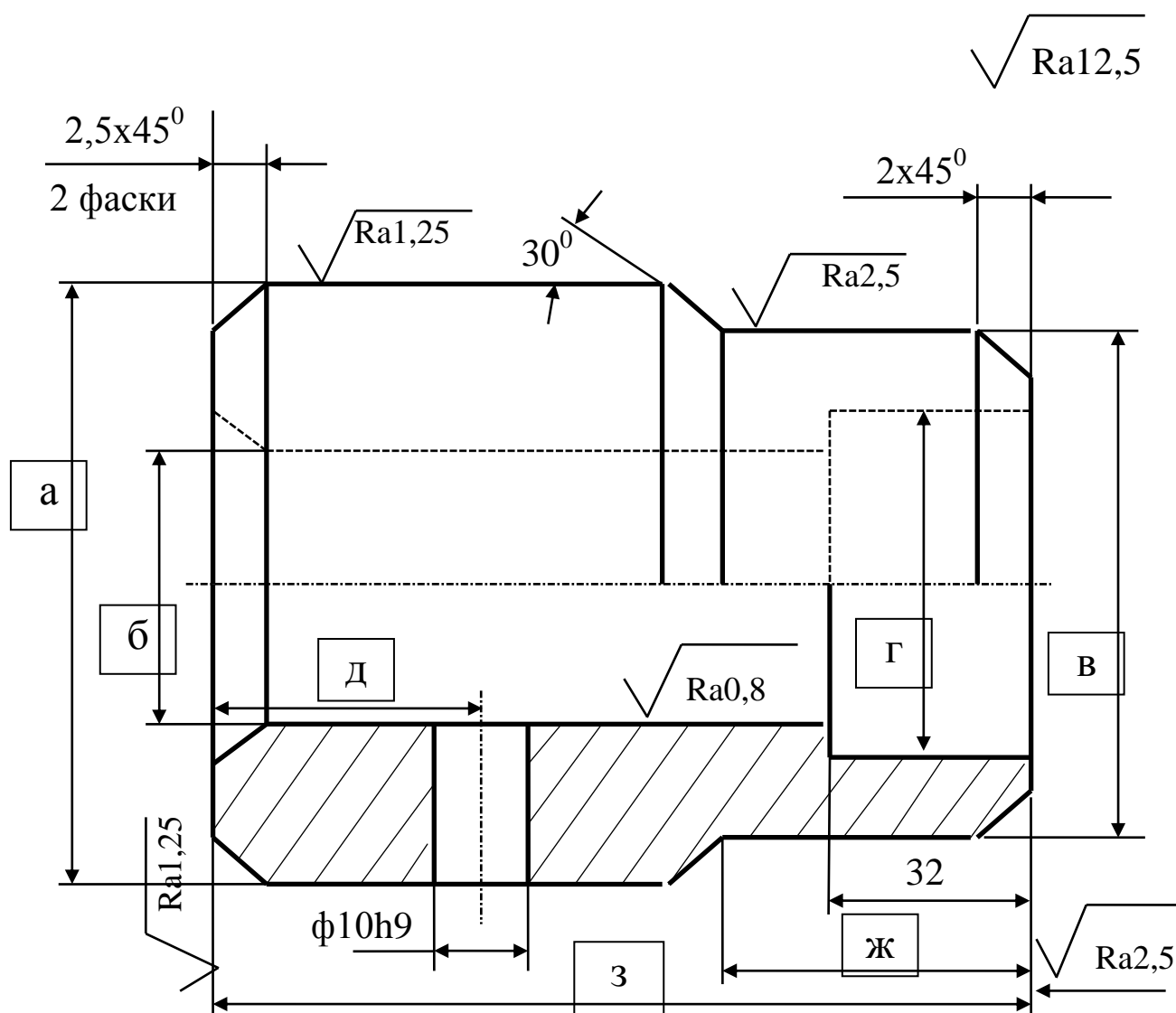


Вар	$a$	$\text{б}$	$\text{в}$	$\text{г}$	$\text{д}$	$\text{ж}$	$\text{з}$	Матер. Сталь	Термообр HRC
<b>1</b>	$\Phi 85\text{h}6$	$\Phi 55\text{h}7$	$\Phi 120$	80	70	220		45	25...30
<b>2</b>	$\Phi 90\text{h}7$	$\Phi 60\text{h}6$	$\Phi 130$	100	90	270		55	35...40
<b>3</b>	$\Phi 100\text{h}6$	$\Phi 70\text{h}7$	$\Phi 150$	100	80	240		40x	40...45
<b>4</b>	$\Phi 110\text{h}7$	$\Phi 80\text{h}6$	$\Phi 160$	90	100	260		20x	50...55
<b>5</b>	$\Phi 120\text{h}6$	$\Phi 90\text{h}7$	$\Phi 180$	60	50	180		30	25...30



Втулка

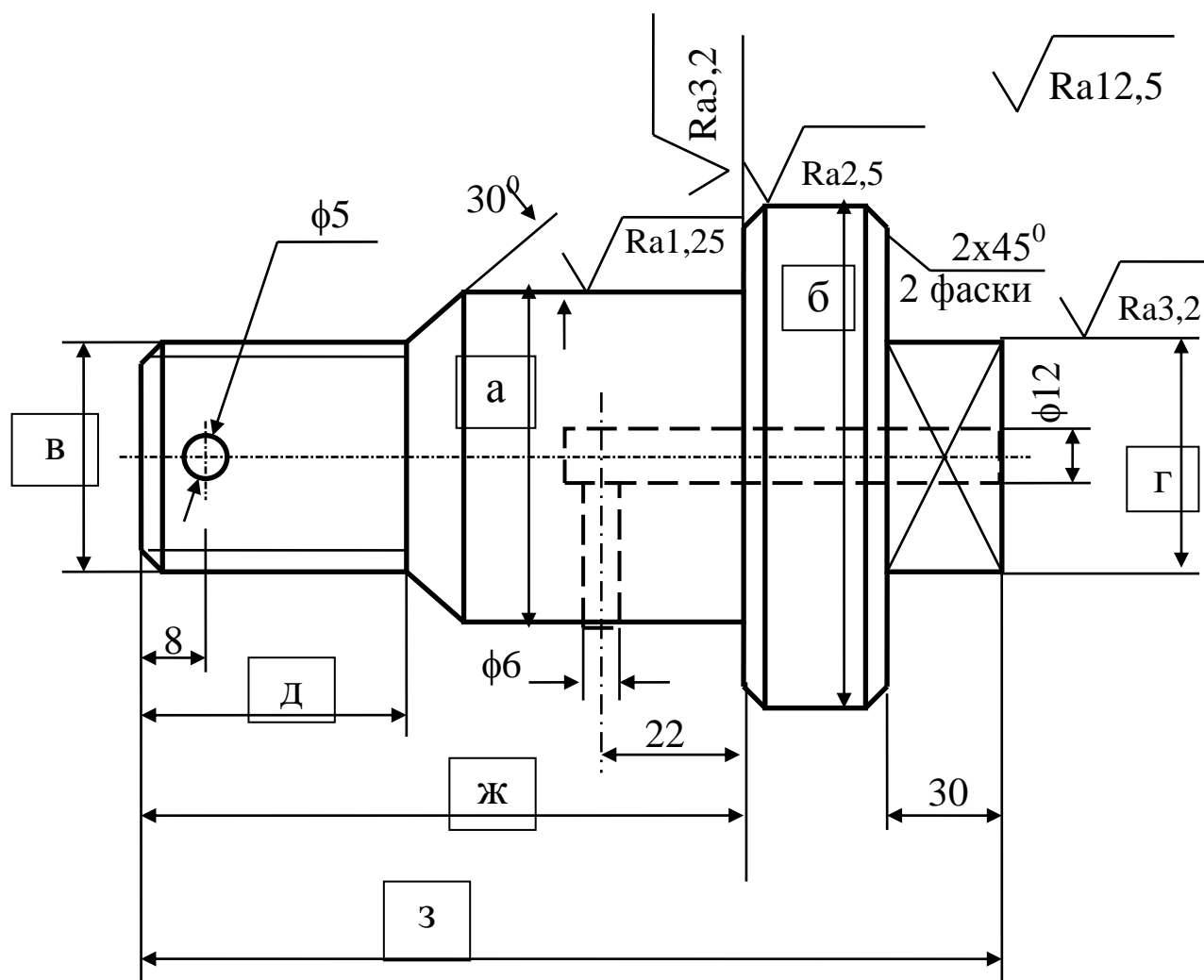
24с



Вар	а	б	в	г	д	ж	з	Матер. Сталь	Термообр. HRC
<b>1</b>	φ100h6	φ60H7	φ90h9	φ62	60	50	200	55	40...45
<b>2</b>	φ120h7	φ70H6	φ100h8	φ72	70	52	220	45	35...40
<b>3</b>	φ125h6	φ80H7	φ110h9	φ82	80	60	240	40x	38...43
<b>4</b>	φ130h7	φ100H6	φ120h8	φ102	75	65	250	10x	55...60
<b>5</b>	φ145h6	φ110H7	φ125h9	φ112	40	30	150	55	40...55

БОЛТ

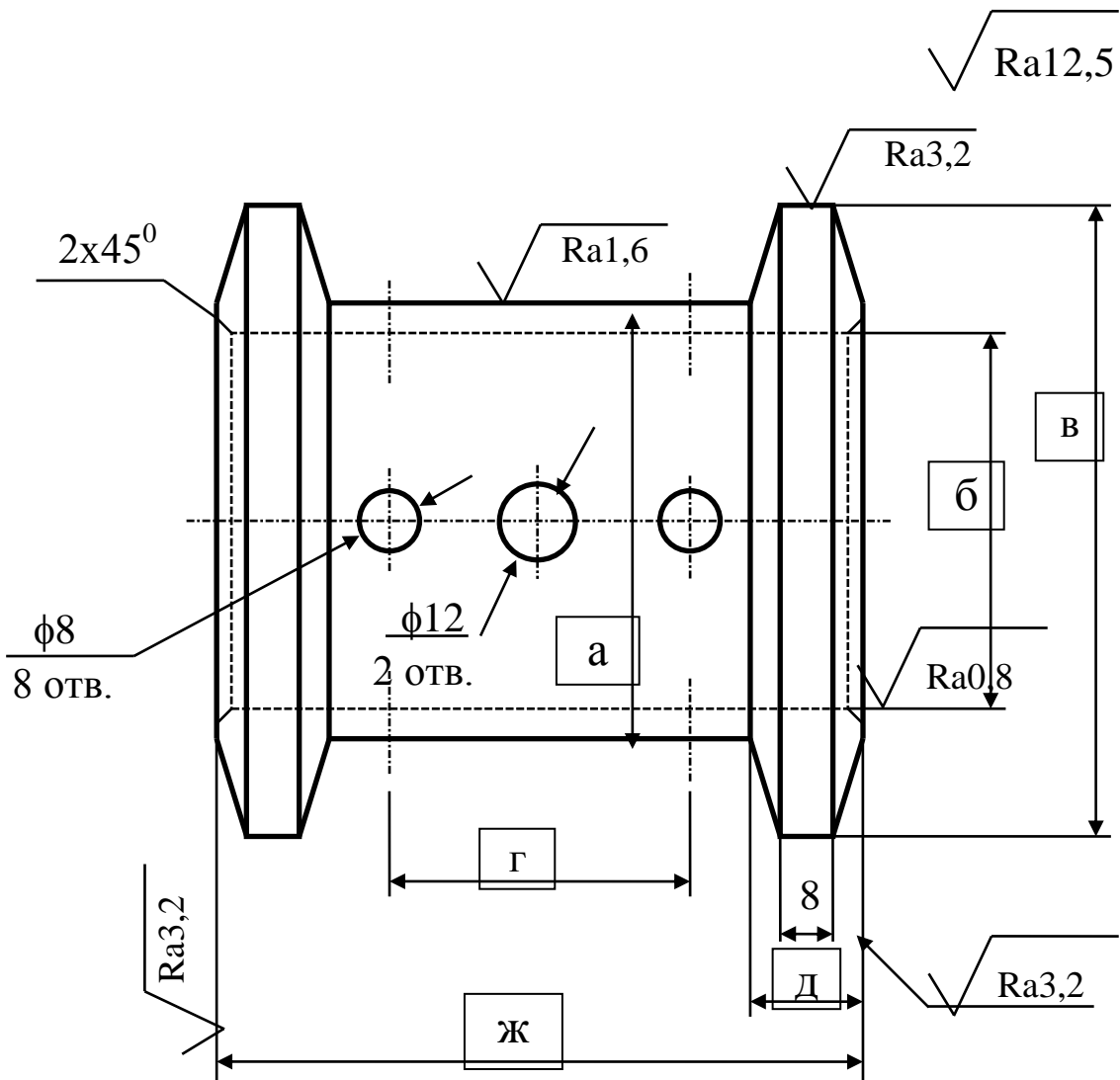
25с



Вар	а	б	в	г	д	ж	з	Матер. Сталь	Термообр HRC
<b>1</b>	φ52h6	φ85h8	M33	27	32	150	250	45	25...30
<b>2</b>	φ60h7	φ90h9	M39	30	45	190	255	40	35...40
<b>3</b>	φ65h6	φ100h8	M45	36	52	180	250	50x	40...45
<b>4</b>	φ75h7	φ110h9	M50	41	65	200	270	55	38...42
<b>5</b>	φ80h6	φ120h8	M56	46	30	80	150	60	40...45

Катушка

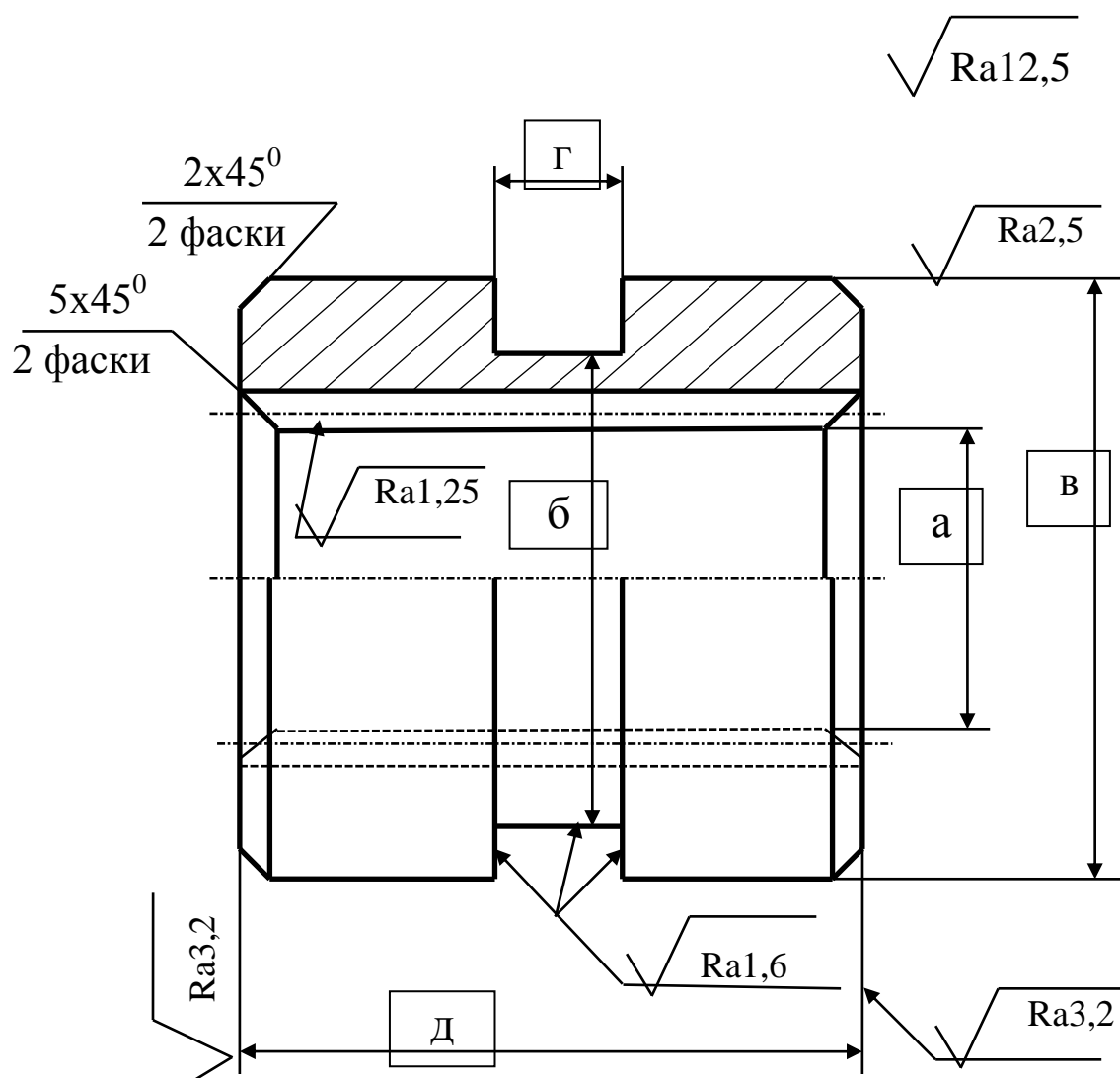
26с



Вар	а	б	в	г	д	ж	з	Матер. Сталь	Термообр HRC
<b>1</b>	Φ90h7	Φ70H7	Φ150	80	20	180		20x	55...60
<b>2</b>	Φ100h6	Φ80H7	Φ160	100	22	200		30	20...25
<b>3</b>	Φ110h7	Φ90H7	Φ160	80	22	240		15x	55...60
<b>4</b>	Φ120h6	Φ100H7	Φ180	70	24	250		60	40...45
<b>5</b>	Φ140h7	Φ120H7	Φ180	40	26	120		50	25...30

Муфта

27с



Вар	а	б	в	г	д	ж	з	Матер. Сталь	Термообр HRC
<b>1</b>	φ50H6	φ75h6	φ100	22	110			30	20...25
<b>2</b>	φ60H7	φ90h6	φ120	24	125			40x	38...42
<b>3</b>	φ70H6	φ100h7	φ130	26	145			50	40...45
<b>4</b>	φ80H7	φ120h6	φ140	28	160			35	25...30
<b>5</b>	φ100H6	φ130h7	φ150	12	80			40	35...40