

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«КАЛИНИНГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»

**И. А. Соколова, М. Б. Лещинский, В. С. Бедарев**

## **ТЕХНОЛОГИЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Учебно-методическое пособие для выполнения курсовой работы  
для студентов бакалавриата по направлениям подготовки  
15.03.01 Машиностроение,  
15.03.02 Технологические машины и оборудование

Калининград  
Издательство ФГБОУ ВО «КГТУ»  
2023

Рецензент

доцент кафедры инжиниринга технологического оборудования  
ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический  
университет» Т. П. Колина

Соколова, И. А.

Технология конструкционных материалов: учебно-методическое пособие для выполнения курсовой для студентов бакалавриата по направлениям подготовки 15.03.01 Машиностроение, 15.03.02 Технологические машины и оборудование / И. А. Соколова, М. Б. Лещинский, В. С. Бедарев. – Калининград: Издательство ФГБОУ ВО «КГТУ», 2023. – 102 с.

Выбор материала изделия, оптимального способа получения заготовок литьем, давлением, расчёт режимов механической обработки поверхностей детали являются важными этапами качественного обслуживания уже эксплуатируемого промышленного оборудования и внедрения новой инновационной техники в машиностроение и технологические машины и оборудование.

Табл. 22, рис. 46, список лит. – 18 наименований

Учебно-методическое пособие рассмотрено и одобрено кафедрой инжиниринга технологического оборудования ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» 21 апреля 2022 г., протокол № 3

Учебно-методическое пособие рекомендовано к изданию в качестве локального электронного методического материала на заседании учено-методической комиссии института агроинженерии и пищевых систем 29 января 2023 г., протокол № 9

УДК 621.791

© Федеральное государственное  
бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Калининградский государственный  
технический университет», 2023 г.  
© Соколова И. А., Лещинский М. Б.,  
Бедарев В. С., 2023 г.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	4
1 Задание на курсовую работу.....	4
1.1 Структура курсовой работы.....	5
1.2 Правила оформления курсовой работы .....	6
2 Методические указания по курсовой работе.....	8
2.1 Общие положения.....	8
2.2 Проектирование элементов отливки в песчаной форме.....	13
2.2.1 Выбор оптимальной плоскости разъёма модели и формы.....	13
2.2.2 Припуск на механическую обработку.....	14
2.2.3 Технологический припуск.....	15
2.2.4 Технологическая проработка чертежа детали.....	18
2.2.5 Расчёт литниковой системы.....	20
2.2.6 Выбор количества стержней литейной формы и назначение на них размеров.....	22
2.2.7 Разработка модели с целью образования полости под отливку.....	25
2.2.8 Выполнение литейной песчаной форме в поперечном разрезе.....	27
2.3 Порядок получения отливки в разовых песчаных формах.....	27
2.4 Охлаждение, выбивка и очистка отливок.....	29
3 Обработка металлов давлением.....	30
3.1 Основные понятий и определения.....	30
3.2 Основные операцииковки.....	31
3.3 Определения припусков при ковке вала.....	32
3.4 Выбор вида и веса заготовки для изготовления поковки.....	33
3.5 Выбор оборудования для свободнойковки и выбор интервала температур нагрева заготовки.....	34
4 Проектирование технологического процесса механической обработки.....	36
4.1 Основные понятий и определения.....	36
4.2 Порядок проектирования операций механической обработки.....	37
4.2.1 Особенности проектирования операций механической обработки на токарных станках.....	37
4.2.2 Особенности проектирования операций механической обработки на фрезерных станках.....	48
4.2.3 Особенности проектирования операций механической обработки на сверлильных станках.....	56
5 Методические указания к разделу «Сварочное производство».....	66
6 Организация защиты курсовой работы.....	70
7 Система оценок и критерии выставления оценки.....	70
8 Список используемой литературы.....	72
Приложения.....	74
Приложение А. Перечень нормативной документации.....	74
Приложение Б. Варианты заданий для раздела «Литейное производство» и «Обработка резанием».....	76
Приложение В. Варианты заданий для раздела « Обработка металлов давлением».....	96
Приложение Г. Задания к разделу «Сварочное производство».....	97

## ВВЕДЕНИЕ

Курсовая работа выполняется на заключительном этапе изучения дисциплины «Технология конструкционных материалов» и представляет собой расчетно-графическую работу, целью которой является расширение, углубление и обобщение знаний, полученных при освоении дисциплины, формирование умений и навыков самостоятельного их применения.

В результате выполнения курсовой работы обучающиеся должны:

уметь:

- используя справочную литературу, правильно выбрать материалы и изделия для деталей и узлов машин;

- самостоятельно пользоваться учебной и научно-технической литературой;

- производить правильный выбор способов и технологий изготовления деталей и узлов машин;

- назначать методы обработки заготовок;

владеть:

- навыками работы со справочной литературой и технической документацией;

- практическим использованием знаний и умений, полученных при изучении этой дисциплины

Для успешного освоения дисциплины «Технология конструкционных материалов» в учебно-методическом пособии по изучению дисциплины приводится краткое содержание каждой темы занятия, перечень ключевых вопросов для подготовки и организации самостоятельной работы студентов. Материал пособия содержит рекомендации по выполнению курсовой работы для студентов очной и заочной формы обучения.

### 1 ЗАДАНИЕ НА КУРСОВУЮ РАБОТУ

Тема курсовой работы – «Разработка технологических процессов изготовления изделия».

В зависимости от конструкции, технических условий и заложенного материала изделия, технологический процесс включает заготовительные операции, получение отливок в разовой песчаной форме, получение заготовки давлением, сварочное производство и механическую обработку. Разработка технологического процесса осуществляется в следующей последовательности:

- анализ химического состава и механических свойств материала детали;

- выбор способа получения заготовки и его обоснование;

- выбор оптимальной плоскости разъёма модели и формы;

- определение припуска на механическую обработку;

- назначение технологического припуска;

- технологическая проработка чертежа детали;

- расчёт элементов литниковой системы;
- выбор количества стержней литейной формы и назначение их размеров;
- разработка модели;
- выполнение литейной песчаной формы в поперечном разрезе;
- разработка технологического процесса механической обработки изделия, включая подбор металлорежущего оборудования, расчёт режимов резания.

Курсовая работа включает:

- разработку технологического процесса изготовления заготовки методом литья;
- разработку технологического процесса механической обработки для заданной детали.
  - получение поковки вала
  - соединение элементов дуговой сваркой

Студент выполняет курсовую работу по заданию, вариант которого выдается преподавателем в соответствии с последней цифрой номера студенческого билета или по выданному заданию преподавателем.

### **1.1 Структура курсовой работы**

Курсовая работа состоит из двух частей:

I. Расчетно-пояснительная записка.

II. Графическая часть.

Расчетно-пояснительная записка включает следующие разделы:

- титульный лист;
- задание;
- содержание;
- введение;
- раздел, включающий анализ химического состава и механических свойств материала заготовки;
- расчёт элементов отливки в песчаной литейной форме;
- ковка вала и определение массы заготовки;
- механическая обработка отливки;
- расчет сварного соединения;
- список используемой литературы;
- приложения.

Графическая часть курсовой работы:

- чертеж изделия;
- чертеж модели;
- технологическая проработка чертежа изделия;
- чертёж литниковой системы;
- чертёж стержня и знаков для его крепления;
- эскиз деревянной модели;
- поперечный разрез песчаной литейной формы;
- чертеж вала и поковки;

- операционные эскизы механической обработки;
- чертеж сварного соединения.

Курсовая работа выполняется в следующей последовательности:

- на основе данных чертежа детали проводится анализ технических условий, значений шероховатости поверхностей, допусков на размеры, особенностей заложённого материала;
- обоснование выбора способа получения заготовки методом литья в песчаные формы;
- выбор оптимальной плоскости разъёма модели и формы;
- технологическая проработка чертежа детали;
- разработка модели, для образования полости под отливку;
- назначение припусков на механическую обработку;
- установление технологического припуска;
- расчёт элементов литниковой системы;
- выбор формы, размеров и количества стержней литейной формы;
- разработка литейной формы;
- выполнение чертежа модели отливки, стержня, литейной формы в сборе, элементов литниковой системы;
- проектирование технологического процесса механической обработки изделия, включая выбор металлорежущего оборудования, режущего инструмента, приспособлений для закрепления детали на станке и крепления режущего инструмента, расчёт режимов резания;
- получение поковки ступенчатого вала с определением припусков и допусков на механическую обработку;
- выполнение чертежа вала и поковки;
- расчет сварного соединения с необходимыми рисунками;
- защита курсовой работы.

## **1.2 Правила оформления курсовой работы**

Курсовая работа состоит из пояснительной записки объемом до 20 с. Пояснительная записка курсовой работы выполняется в программе «Word» на одной стороне листа стандартного размера 210x297 мм. Лист должен иметь поля: с левой стороны 30 мм, справа, сверху и снизу – 20 мм. Текст должен быть отпечатан шрифтом Times New Roman, размер 14; межстрочный интервал – полуторный; абзац сопровождается отступом 1,27; выравнивание текста по ширине; автоматический перенос слов; автоматическая вставка таблиц. Все страницы, кроме первой, нумеруются в правом нижнем углу. Содержание с перечнем всех разделов и подразделов и их расположение по страницам помещается в начале проекта после титульного листа.

Разделы и подразделы нумеруются цифрами, например, подраздел 3 второго раздела обозначается 2.3, а пункт первый подраздела 3 второго раздела – 2.3.1. и т. д. Не нумеруется введение, заключение и список использованных литературных источников.

Ссылка на использованный литературный источник в тексте пояснительной записки обязательна и оформляется в квадратных скобках с указанием порядкового номера, соответствующего положению этого источника в списке использованной литературы. Использованные источники следует располагать в списке литературы в алфавитном порядке. Использование источников без ссылок на них не допускается.

Примеры библиографического описания литературных источников или документов даны в приложении 1. Все иллюстрации (схемы, графики) называются рисунками и нумеруются последовательно арабскими цифрами в пределах всей курсовой работы, например, рисунок 3, рисунок 4 и т.д. При ссылках на иллюстрации следует писать «...на рисунке 8». На все иллюстрации должны быть ссылки в тексте.

Иллюстрации при необходимости могут иметь наименование и пояснительные данные (подрисуночные подписи, подрисуночный текст). Сокращенное рис. (номер рисунка) и его наименование помещают симметрично под рисунком после пояснительных подписей. Точку в конце названия рисунка не ставят. Если рисунок не помещается на одной странице, можно переносить его на другие страницы.

Цифровой материал оформляется в виде таблиц. Таблицы нумеруются так же, как рисунки в пределах всего курсовой работы цифрами. Таблицу следует располагать непосредственно после текста, в котором она упоминается впервые, или на следующей странице. Если таблица не помещается на одной странице, то на последующих страницах в правом верхнем углу пишется «Продолжение табл. ...», а на последней странице «Окончание табл. ...». Заголовки таблиц должны быть единообразны: либо с заголовками, либо нет. Если шапка таблицы при ее продолжении не повторяется, следует указывать номера граф. На все таблицы курсовой работы должны быть ссылки в тексте.

Образец титульного листа пояснительной записки дан в приложении 2. Обозначение пояснительной записки следующее: КР.32.15.03.02.2.52 ПЗ – пояснительная записка; где: 32 – номер кафедры ИТО; 15.03.04 – направление подготовки; 2 – последняя цифра года выполнения проекта; 12, где 12 – номер варианта, ПЗ – пояснительная записка

Требования к результатам выполнения курсового проекта:

– курсовая работа оценивается на оценку «отлично» при наличии выполненной в полном объеме расчетно-пояснительной записки, графической части проекта и точных ответов на вопросы преподавателя при его защите;

– курсовая работа оценивается на оценку «хорошо» при наличии выполненной с некоторыми замечаниями расчетно-пояснительной записки и чертежей графической части. Ответы на вопросы при защите курсовой работы требуют уточнения;

– курсовая работа оценивается на оценку «удовлетворительно» при наличии расчетно-пояснительной записки и всех чертежей, объём и качество которых не в полной мере соответствуют требованиям учебно-методического

пособия. При защите курсовой работы нарушается логика изложения материала при некоторых ответах на вопросы;

– курсовая работа оценивается на неудовлетворительную оценку при отсутствии полного объема документации: расчетно-пояснительной записки и чертежей.

## **2 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО КУРСОВОЙ РАБОТЕ**

### **2.1 Общие положения**

Разработка технологического процесса изготовления изделий является важным этапом в создании новых машин и аппаратов. Качество результатов обеспечивает условия сокращения материальных затрат и времени для внедрения нового инновационного оборудования в машиностроении. Каждое техническое решение об изготовлении того или иной изделия или детали должно быть экономически обосновано и осуществимо при определенном объеме и массе выпуска продукции.

При выборе метода получения заготовки главным является обеспечение заданного качества готовой детали при её минимальной себестоимости.

Основанием для проектирования конкретного технологического процесса изготовления детали является детально разработанный её чертеж.

Технологический процесс изготовления заготовки зависит от технологических свойств материала, конструктивных формам, размеров детали и программой её выпуска.

Решение вопросов основных процессов формообразования детали экономически рационально перенести на заготовительные операции, чем можно уменьшить расход материала, снизить затраты на механическую обработку в себестоимости готовой детали.

Заготовки должны быть выполнены из материала, указанного на чертеже, иметь соответствующие материалу механические свойства, и не иметь таких внутренних дефектов как:

- раковины, посторонние включения, рыхлости для литых заготовок;
- пористость, расслоение, крупнозернистость, «шиферный» излом, трещины, шлаковые включения для поковок;
- непровар, пористость металла шва, шлаковые включения для сварных конструкций.

Получение заготовок методом литья является одним из широко распространенных в производстве изделий, а отливки, изготавливаемые литьем в песчаные формы, составляют по массе до 80 %, так как литьё в песчано-глинистые формы – наиболее простой, дешевый и, как следствие, распространенный метод получения литых заготовок. Однако большие припуски на механическую обработку, небольшая производительность и плохие санитарно-гигиенические условия ограничивают его применение. Для литейных материалов (чугун, сталь, алюминиевые, магниевые и цинковые



сплавы) массивных и габаритных заготовок этот метод является универсальным [15].

Для отливок, получаемых методом литья в песчаные формы, свойственны такие виды дефектов как: газовые и усадочные раковины, «холодные» и «горячие» трещины (в зависимости от температурных интервалов их образования), заливы, недоливы, перекосы (искажение формы и размеров отливки из-за смещения полуформ), разностенность (из-за смещения стержней), коробление отливок.

При проектировании технологического процесса механической обработки необходимо знать данные о конфигурации детали, о размерах заготовки, о наличии в ней отверстий, полостей, выступов, углублений.

Процесс получения литых заготовок, путём заливки расплавленного металла в рабочую полость литейной формы, называется **литейным производством**, а заготовки, приобретающие при этом конфигурацию и размеры рабочей полости, называются **отливками**. Литейное производство наиболее простой и дешёвый промышленный метод получения заготовок, различной степени сложности геометрической формы.

В процессе изготовления отливки возможно образование таких дефектов как усадочные и газовые раковины, пористость, коробление, недоливы, холодные и горячие трещины, как следствие большой газонасыщенности, повышенной усадки и низкой жидкотекучести металла.

Для получения качественной заготовки металла и сплавы, используемые для производства отливок, должны обладать хорошими литейными свойствами, т. е. иметь невысокую температуру плавления, неплохую жидкотекучесть, обладать небольшой литейной усадкой, не быть склонной к ликвации в процессе кристаллизации.

**Жидкотекучесть** – способность металлов и сплавов в расплавленном состоянии свободно течь и заполнять каналы разливочных устройств, полость литейной формы и воспроизводить контуры отливки. Жидкотекучесть тем больше, чем интервал температур при кристаллизации меньше и тоньше может быть получена стенка отливки. Жидкотекучесть улучшается с уменьшением поверхностного натяжения, повышением температуры и понижением вязкости расплавленного металла. С повышением содержания С, Si и Р жидкотекучесть сталей и чугунов увеличивается, а увеличение S её уменьшает.

Лучшими литейными сплавов обладают серый и ковкий чугуны, углеродистая и легированные стали, силумин, бронзы и латуни.

**Литейная усадка** – уменьшение литейных размеров и объёма отливки при затвердевании расплавленного металла и её охлаждения. Литейной усадки может привести к образованию трещин и усадочных раковин и обычно составляет от 0,6 до 3 %.

**Ликвация** – химическая и структурная неоднородность сплава. Различают: дендроидную ликвацию, возникающую вследствие недостатка времени для выравнивания химического состава сплава и избирательного затвердевания в процессе диффузии при кристаллизации отливки (устраняется

диффузионным отжигом); зональную ликвацию, появляющуюся в процессе затвердевания сплава при охлаждении из-за расслоения по химическому составу ещё в жидком состоянии, вследствие различной плотности его компонентов. Чем медленнее охлаждение, тем заметнее отличие в химическом составе в различных местах отливки.

**Газонасыщение металла** – происходит в процессе выплавки металла из топлива, материалов шихты, окружающей среды, из литейной формы при заливке расплавленным металлом, в котором содержатся газы ( $O_2$ ,  $H_2$ ,  $N_2$ ).

**Температура плавления** – температура перехода металла или сплава в жидкое состояние из кристаллического, т. е. твёрдого. Значение температуры плавления сплава зависит от химического его состава.

Среди литейных сплавов наибольшее распространение получили серый и ковкий чугуны, углеродистая и легированные стали, алюминиевые сплавы (силумины), бронзы и латуни.

Для получения отливок методом литья выполняются следующие основные **технологические операции** [8, с. 376]:

- изготовление литейной формы;
- расплавление и заливка металла в литейную форму;
- кристаллизация металла отливки в литейной форме при её охлаждении;
- извлечение отливки путём её выбивки из разрушающейся формы;
- удаление прибылей и литниковой системы и очистка поверхности отливки;
- термическая обработка для улучшения структуры для обработки резанием;
- механическая обработка для снятия припуска и получения точных размеров посадочных поверхностей и необходимой шероховатости.

Литейной формы предназначены для заливки в них расплавленного металла и образования отливки, основными элементами которой являются рабочая полость, где формируется тело отливки, и литниковая система.

**Литейная форма** – конструкция, состоящая из элементов, образующих рабочую полость, заполнение которой расплавом обеспечивает получение отливки заданных размеров и конфигурации. Форма рабочей полости повторяет конфигурацию изготавливаемой литьём детали, и, соответственно, каждый её размер определяется как сумма размера детали из чертежа, припуска на литейную усадку и припуска последующую механическую обработку.

К литейным формам предъявляются прочностные требования (способность выдерживать силовые нагрузки), требования к газопроницаемости (возможность пропускать газы, образующиеся в литейной форме), требования к податливости (уменьшение в объёме при усадке отливки) и огнеупорности (способность не оплавляться под действием тепла жидкого металла) и др.

Песчаные литейные формы предназначены для изготовления одной заготовки, так как после затвердевания металла их разрушают для извлечения отливки. Для изготовления разовых форм используют формовочную оснастку, формовочные смеси и формовочный инструмент.

**Формообразующая оснастка** – полный модельный комплект необходимый для изготовления отливки в литейных формах, который включает модель, стержневые ящики, элементы литниковой системы, модельные плиты, шаблоны для изготовления форм и стержней, а также нужные при формовке опоки, наполнительные рамки, штыри, скобы и др.

**Модели** – основная часть модельного комплекта, предназначенная для образования полости (отпечатка) в литейной форме, соответствующей наружной конфигурации отливки, причём размеры модели увеличивают с учётом припусков на механическую обработку и линейной усадки сплава на  $0,8 \div 2 \%$  по сравнению с соответствующими размерами отливки. Модели могут быть разовые и многоразовые, их изготавливают из дерева, металла, пластмассы, специальных модалльных сплавов и составов. Деревянные модели, используемые для литья в песчаные формы просты в изготовлении, относительно малой массой и невысокой стоимостью, но не отличаются долговечностью. В случае если деталь имеет отверстие или внутреннюю полость, то модель имеет выступающие части (стержневые знаки), с помощью которых стержень крепится в форме.

В соответствии с требованиями чертежа детали для образования внутри отливки или на её поверхности различных отверстий или полостей при сборке в литейную форму устанавливают стержни.

**Стержнянами** – элементы литейной формы, служащие для образования отверстия, полости или иного сложного контура в отливке, которые изготавливаются из металла, глины, керамики и других материалов. Стержни удаляются при выбивке отливки их формы. Для изготовления стержней применяют стержневые ящики.

Для изготовления литейной формы служат формовочные смеси, а для формообразования стержней – стержневые смеси.

**Формовочная смесь** – многокомпонентная смесь, состав которой зависит от массы, типа отливки, от свойств её металла. Основными компонентами формовочной смеси являются: кварцевый песок, увеличивающий пористость и газопроницаемость; формовочная глина, придающая смеси прочность, пластичность и как связующее; вода, оптимальное содержание которой составляет от 4 до 5 %. В формовочную смесь также вносят противопопригарные добавки (каменноугольная пыль, графит), защитные присадочные материалы (борную кислоту, серный цвет) и другие ингредиенты (пыль, мазут, торф).

Формовочные смеси разделяют:

- по составу (песчано-глинистые, содержащие быстротвердеющие крепители, специальные);
- по назначению (для отливок из чугуна, стали и цветных сплавов);
- по применению (единые, облицовочные, наполнительные);
- по состоянию форм перед заливкой в них сплава (сырые, сухие, подсушиваемые и химически твердеющие).

**Стержневая смесь** – многокомпонентная смесь, предназначенная для изготовления стержней, и состоящая из кварцевого песка и самотвердеющих

неорганических (жидкое стекло с добавкой 10% раствора NaOH) или органических (фенолформальдегидная или карбамидофурановая смолы) связующих.

**Формовкой** называется процесс изготовления литейных форм из формовочных смесей.

Литейная форма состоит из двух полуформ, называемых опоками.

**Опоки** – это сварные, сборные или литые конструкции рамки различной конфигурации, предназначенные для удержания формовочной смеси при изготовлении литейной формы, а также для её транспортировки и при заливке жидким металлом.

**Литниковая система** – система каналов и элементов литейной формы, обеспечивающая подвод расплавленного металла в полость, её заполнение и питание отливки в процессе кристаллизации металла при затвердевании. Основными элементами литниковой системы являются: литниковая чаша, стояк, шлакоуловитель, питатель, выпор, прибыль.

**Литниковая чаша** – элемент литниковой системы, предназначенный для приёма жидкого металла и направления его движения через стояк в литейную форму [ГОСТ 18169 – 86]

**Литниковый стояк** – элемент литниковой системы в виде вертикального или наклонного канала, служащего для подачи расплавленного металла из литниковой чаши через питатель и шлакоуловитель в полость литейной формы.

**Шлакоуловитель** – элемент литниковой системы, предназначенный для задержания неметаллических включений и шлака из потока расплавленного металла [ГОСТ 18169 – 86].

**Питатель** – элемент литниковой системы, примыкающий к полости и служащий для непосредственного подвода расплавленного металла в неё.

**Выпор** – элемент литниковой системы, который предназначен для вывода газов, образующихся при заливке в форму жидкого металла, фиксации заполнения литейной формы при появлении избытка металла и питания при усадке отливки жидким металлом. Выпоры устанавливают на самых высоких местах отливки.

**Прибыль** – элемент литниковой системы литейной формы для питания отливки расплавленным металлом в период затвердевания и усадки [ГОСТ 18169–86].

Прибыль в виде массивного прилива, питающего отливку при охлаждении и кристаллизации металла, затвердевает в последнюю очередь, предотвращая образование в ней усадочных раковин. Так как раковины образуются в наиболее толстых частях отливки, которые затвердевают последними, то прибыли располагают над самыми массивными частями отливки. Причём их размеры и форма должны быть больше той части отливки, которую они питают так, чтобы процесс кристаллизации завершился в них. В этом случае усадочные раковины будут образовываться не в отливке, а в прибылях, которые затем срезают.

**Припыл** – противопопригарное покрытие, наносимое на сырые формы для получения чистой поверхности отливки (порошкообразную смесь MgO, древесного угля и бентонита; порошкообразный графит, пылевидный кварц, циркон). **Противопригарные краски** предохраняют поверхность отливки от пригара и представляют собой суспензии огнеупорных материалов с добавкам связующих.

## **2.2 Проектирование элементов отливки в песчаной форме**

Проектирование элементов отливки в песчаной форме является частью технологического процесса изготовления отливки. Основанием для разработки технологического процесса изготовления детали или изделия является их чертёж.

### **2.2.1 Выбор оптимальной плоскости разъёма модели и формы**

Выбор оптимальной плоскости разъёма модели и формы, т. е. положения отливки в форме при заливке расплавленного металла осуществляется в зависимости от особенностей конфигурации отливки, требований к плотности металла, шероховатости поверхностей и т. д.

Очертания внутренних и наружных поверхностей отливки должны быть упрощены, т. е. содержать минимальное число разъёмов. Конструкция модели, по возможности, не должна включать отдельные дополнительные части.

Отливка должна располагаться в одной (лучше нижней) полуформе или иметь один плоский разъём. Для того чтобы получить достаточно плотную отливку с учётом принципа направленной кристаллизации наиболее массивные её участки располагают при заливке в верхней части, а более ответственные поверхности отливки стремятся располагать в нижней части или вертикально, так как в верхней части отливки концентрируются такие дефекты как усадочные раковины, шлаковые включения. При этом необходимо обеспечить удобство формовки и возможность извлечения модели из формы. Оптимальная плоскость разъёма указывается на чертеже детали стрелками и буквами «В» (верх) и «Н» (низ). Разъём как модели, так и формы изображается на всех проекциях отрезком или ломанной штрихпунктирной линией, заканчивающейся знаком «Х – Х», над которой указывается буквенное обозначение разъёма – МФ (Модель, Форма).

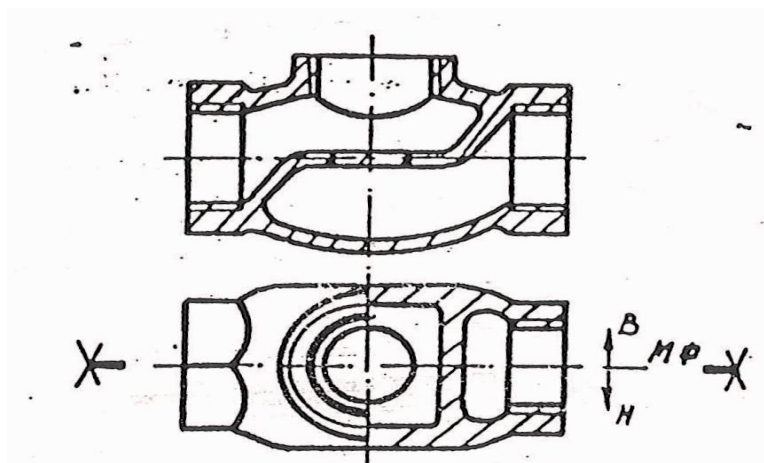


Рисунок 2.1 – Обозначение модели, формы и их положение в процессе заливки расплавленного металла

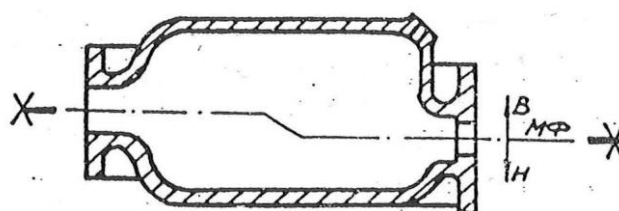


Рисунок 2.2 – Обозначение несимметричной модели, формы и их положение в процессе заливки расплавленного металла

Направление разъёма указывается сплошной основной линией, перпендикулярной линии разъёма и ограниченной стрелками (рисунки 2.1, 2.2).

### 2.2.2 Припуск на механическую обработку

Припуск на механическую обработку – это слой металла, предназначенный для снятия в процессе механической обработки, который регламентируется ГОСТом и зависит от точности метода изготовления отливки и места расположения слоя в форме. Значение припуска будет больше, если поверхность расположена в верхней части формы, и меньше, если поверхность находится в нижней части формы или сбоку. Для чугунных отливок, изготовленных методом литья в песчаные формы, по ГОСТ 26645-85 припуски составляют для мелких чугунных отливок –  $2 \div 4$  мм, для средних –  $4 \div 7$  мм, для крупных до 18 мм. Для стальных отливок значение припуска в 1,5 больше, а для цветного литья в 1,5 меньше, чем у чугунных отливок.

Величины припусков на механическую обработку для чугунных отливок 2-го класса приведены в таблице 2.1

Таблица 2.1 – Припуски на механическую обработку чугунных отливок 2-го класса

Наибольший габаритный размер детали, мм	Положение поверхности при заливке	Номинальный размер, мм			
		до 50	свыше 50 до 120	свыше 120 до 260	свыше 260 до 500
До 120	Верх	3,5	4,0	-	-
	Низ,	2,5	3,0	-	-
	Боковая поверхность,	2,5	3,0	-	-
Свыше 120 до 260	Верх	4,0	4,5	5,0	-
	Низ,	3,0	3,5	4,0	-
	Боковая поверхность,	3,0	3,5	4,0	-
Свыше 260 до 500	Верх	4,5	5,0	5,5	6,0
	Низ	3,5	4,0	4,5	5,0
	Боковая поверхность,	3,5	4,0	4,5	5,0

Припуски назначаются на поверхности, которые в готовой детали служат или базами, или сопрягаются с поверхностями других деталей, что и обозначается соответствующими значками шероховатости, а на чертеже показываются сплошной тонкой линией. Допускается линию припуска изображать красным цветом. Значение припусков на линейные размеры и уклоны для облегчения извлечения модели из формовочной смеси на технологической проработке чертежа умазываются цифрой.

### 2.2.3 Технологический припуск

Технологический припуск применяется для упрощения и облегчения процесса получения отливки. К технологическим припускам относятся литейные формовочные уклоны, напуски, приливы, ребра, галтели. Формовочные уклоны на модели необходимы для её извлечения без разрушения формы, для свободного удаления из стержневого ящика. Значения формовочных уклонов выбирается по ГОСТ 3212 и выполняются: на обрабатываемых поверхностях, сопрягаемых с другими деталями, прибавляется к припуску на механически обработку; на необрабатываемых поверхностях, которые не сопрягаются с другим деталями, путём одновременного увеличения или уменьшения размера отливки; на необрабатываемых поверхностях, которые не сопрягаются с другими деталями, путём уменьшения, увеличении или одновременного увеличения и уменьшения отливки.

Поверхности отливок, перпендикулярные плоскости разъёма формы, должны иметь конструктивные уклоны, чтобы обеспечить свободное извлечение моделей. Для отливок, получаемых в песчаных формах, конструктивные уклоны назначают в соответствии с данными в таблице 2.2 в зависимости от высоты  $H$  расчётного элемента.

Таблица 2.2 – Формовочные уклоны наружных поверхностей моделей или стержневых ящиков по ГОСТ 3212–92

Высота расчётного элемента Н, мм	Уклоны для моделей (не более)			
	выплав- ляемых	оболоч- ковых	металличе- ских	деревян- ных
До 50	0° 20'	0° 45'	1° 30'	3° 00'
50–200	0° 10'	0° 30'	0° 45'	1° 00'
200–300	-	0° 20'	0° 30'	0° 30'
300–800	-	-	0° 20'	0° 30'

Уклоны местных невысоких утолщений, т. е. бобышек, платиков, плашек принимают  $30^{\circ} \div 50^{\circ}$ . Уклон внутренних поверхностей отливок обычно принимают не меньше  $1/20$ . Уклоны для ребер жёсткости принимаются равными  $5^{\circ} \div 8^{\circ}$ .

Напуск служит для упрощения изготовления отливки и назначается взамен элементов, которые не выполняются при литье: отверстия до 20 мм, пазы, канавки, углубления, резьбы и т. д. На чертеже наличие напуска изображается перечёркиванием двумя сплошными тонкими линиями тех элементов, которые трудно выполнить в процессе выполнения отливки (рисунок 2.3).

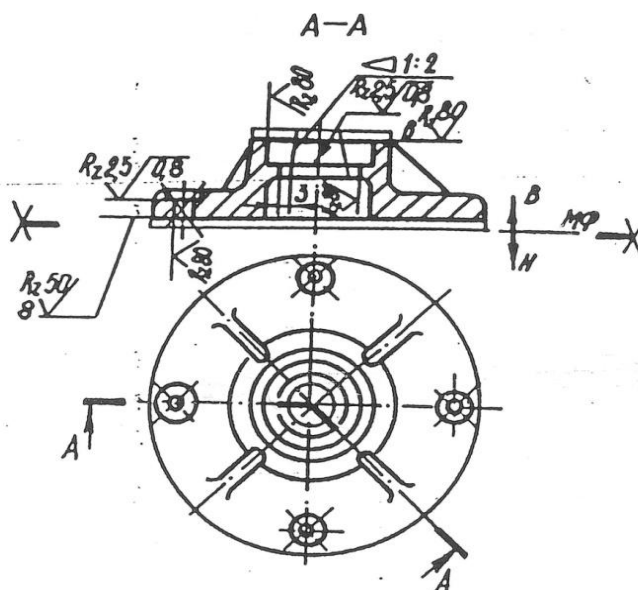


Рисунок 2.3 – Изображение припусков на механическую обработку

Технологический припуск указывается цифрой со знаком плюс «+» или «-» и буквой Т и проставляется на размерной линии или на выноске (рисунок 2.4).



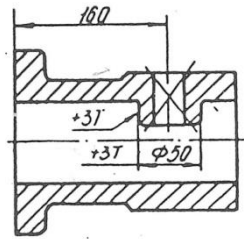


Рисунок 2.4 – Изображение технологического припуска и напуска

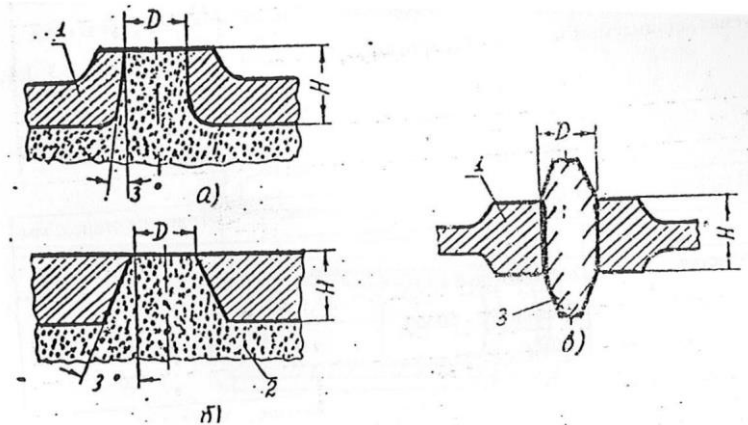


Рисунок 2.5 – Литые отверстия небольшого диаметра:  
 а – с отбуртовкой; б – без отбуртовки; в – с 2-х сторонней отбуртовкой  
 1 – отливка; 2 – литая форма; 3 – стержень

Радиусы галтелей, внутренних скруглений, при сопряжении стенок отливки (рисунок 2.6) рассчитываются по формуле:

$$R = \frac{A + B}{4}, \quad (2.1)$$

где А и В – толщины сопрягаемых стенок отливки, мм.

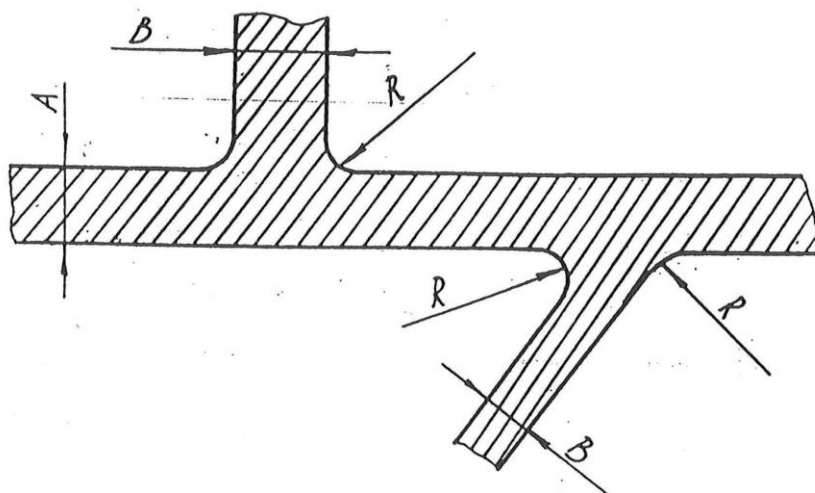


Рисунок 2.6 – Радиусы галтелей, внутренних скруглений, при сопряжении стенок отливки: А и В – толщина сопрягаемых стенок; R – радиус

## 2.2.4 Технологическая проработка чертежа детали

Следующим этапом проектирования технологического процесса изготовления детали является разработка чертежа заготовки – отливки. По ГОСТ 3.1125-88 «Единая система технологической документации. Правила графического выполнения элементов литейных форм и отливок» чертёж отливки с техническими требованиями должен содержать все данные, необходимые для изготовления, контроля и приёмки отливки, выполняется в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД.

При вычерчивании отливки учитывают величину всех припусков. Внутренний контур, соответствующий контуру готовой детали, включая отверстия, впадины, выточки, не выполняемые методом литья, вычерчиваются сплошной тонкой линией (рисунки 2.7, 2.8). На чертеже указываются значения размеров технологических припусков на механическую обработку, литейные уклоны.

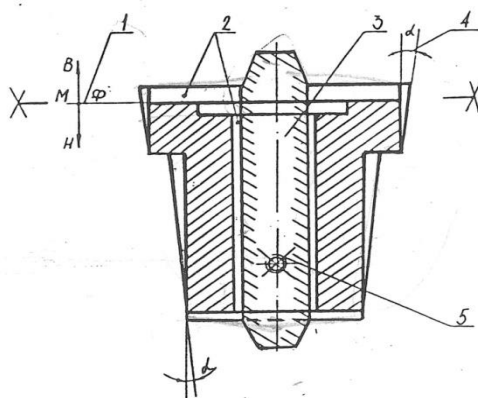


Рисунок 2.7 – Технологическая проработка чертежа модели

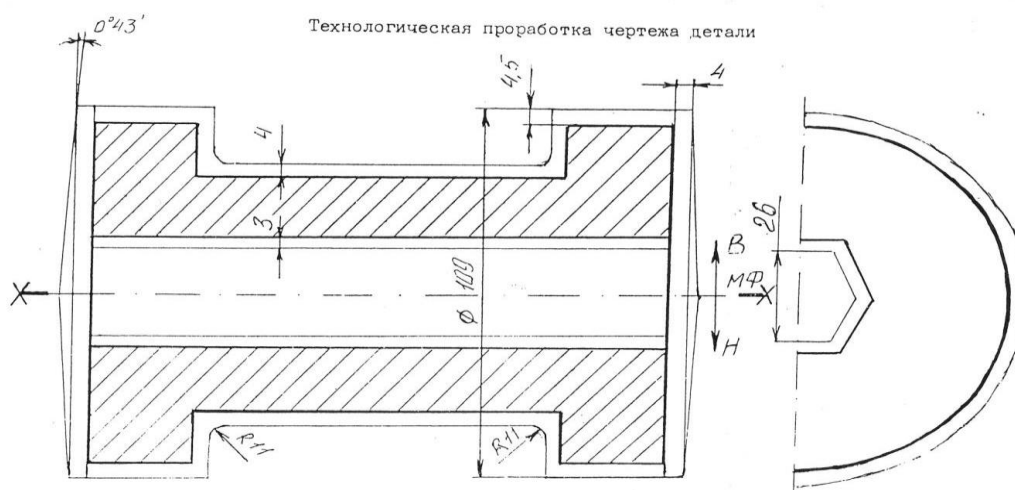


Рисунок 2.8 – Технологическая проработка чертежа корпуса

Внешние обводы и форма внутренних полостей максимально упрощаются, а сложные конструкции по возможности делятся на простые элементы с последующей сборкой болтовыми или иными соединениями.

Внутренний контур обрабатываемых поверхностей, отверстий, выточек т. п., не выполняемых при литье в песчаные формы, вычерчиваются сплошной тонкой линией.

Форма внутренних поверхностей полости литейной формы и отливки максимально упрощаются, иногда за счёт утолщения стенок. Правильно выбранная толщина стенок отливки должна обеспечивать требуемую прочность, жёсткость, виброустойчивость и минимальную массу, высокий коэффициент использования материала. Минимальная рекомендуемая толщина стенок отливок, с учетом формы, массы и используемого металла приведена в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Рекомендуемая для литья в песчаные формы толщина стенки отливки

Материал	Характеристика отливки	Толщина стенки, мм
Сталь углеродистая	Мелкие (до 2 кг)	8
	Средние (от 2 кг до 50 кг)	12
	Крупные (более 50 кг)	20
Сталь низколегированная	На 20 ÷ 40 % больше, чем для отливок из углеродистой стали	
Чугун серый	Мелкие	3 - 4
	Средние	6 - 8
	Крупные	10 - 20
Чугун высокопрочный	На 15 ÷ 240 % больше, чем для отливок из серого чугуна	
Чугун ковкий	Размеры площади стенки, мм	
	50 x 50	2,5 ÷ 3,5
	200 x 200	3,5 ÷ 5,5
	500 x 500	5,0 ÷ 7,0
Бронзы оловянистые	Наибольшая протяжённость стенки, мм	
	50 ÷ 100	3
	100 ÷ 200	6
	200 ÷ 600	8
Бронзы и латуни	Мелкие	до 6
	Средние	до 8
Кремнистые бронзы	-	до 4
Алюминиевые бронзы	Наибольшая протяжённость стенки, мм	
	до 200	3 ÷ 5
	200 - 800	5 ÷ 8
Магниевые сплавы	Наибольшая протяжённость стенки, мм	
	Мелкие	4
	Средние (протяжённость стенки до 400 мм)	6
Цинковый сплав	-	до 3

### 2.2.5 Расчёт литниковой системы

Для правильной работы литниковой системы для отливок из чугуна находят из соотношения площадей сечений:

$$F_{\text{ПИТ}} : F_{\text{ШЛАК}} : F_{\text{СТ}} = 1,0 : 1,1 : 1,5, \quad (2.2)$$

где  $F_{\text{ПИТ}}$  – площадь сечения питателя;  $F_{\text{ШЛАК}}$  – площадь сечения шлакоуловителя;  $F_{\text{СТ}}$  – площадь сечения стояка в основании конуса.

В таблице 2.4 приведены значения площади поперечного сечения питателей в зависимости от массы отливки и приблизительной толщины её стенки.

Таблица 2.4 – Зависимость площади питателей от массы и толщины отливки из серого чугуна (при действительной высоте стояка до 150 мм)

Примерная масса отливки, кг	Преобладающая толщина станки отливки					
	До 15	15–18	18–20	20–25	25–35	35–45
	Общая площадь поперечного сечения отливки, мм					
до 0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
0,5–1,0	0,8	0,8	0,7	0,7	0,7	0,5
1,0–3,0	1,6	1,6	1,4	1,3	1,3	1,2
3,0–5,0	2,2	2,1	2,1	2,0	1,8	1,7
5,0–7,0	2,9	2,6	2,6	2,3	2,2	2,1
7,0–9,0	3,3	3,1	3,0	2,7	2,6	2,5
9,0–10,0	3,5	3,4	3,3	3,0	2,9	2,7
10,0–15,0	4,7	4,4	4,2	3,9	3,6	3,5
15,0–20,0	5,6	5,3	5,1	4,8	4,4	4,3

Зная площадь сечения питателей или питателя  $F_{\text{ПИТ}}$ , в зависимости от положения отливки в форме, из соотношения 2.2 необходимо определить площадь сечения шлакоуловителя  $F_{\text{ШЛАК}}$  и площадь сечения стояка  $F_{\text{СТ}}$  в месте его соединения с шлакоуловителем. Располагая значением площади  $F_{\text{СТ}}$ , устанавливают его диаметр  $D_{\text{СТ}}$ , равный верхнему основанию шлакоуловителя  $V_{\text{ШКАК.ВЕРХ}}$ :

$$D_{\text{СТ}} = V_{\text{ШКАК.ВЕРХ}} \quad (2.3)$$

Так как поперечное сечение шлакоуловителей предпочтительно имеют трапецидальную форму, то нижнее основание равно:

$$V_{\text{ШКАК.НИЖН.}} = 1,25 V_{\text{ШКАК.ВЕРХ}} \quad (2.4)$$

Высота шлакоуловителя  $H_{\text{ШКАК.}}$  определяется из соотношения:

$$H_{\text{ШКАК.}} = \frac{2 F_{\text{ШЛАК.}}}{V_{\text{ШКАК.ВЕРХ}} + V_{\text{ШКАК.НИЖН.}}} \quad (2.5)$$

Поперечное сечение питателей может иметь как прямоугольную, так и трапецидальную форму. Высота питателя не должна превышать толщину отливки в месте подвода металла в полость под отливку.

$$V_{\text{ПИТ.ВЕРХ.}} = V_{\text{ШЛАК.НИЖН.}} \quad (2.6)$$

где  $V_{\text{ПИТ.ВЕРХ.}}$  – сторона сечения питателя.

Стойка имеет форму конуса, большой диаметр которого заканчивается литниковой чашей (воронкой), размеры которой определяются конструктивно или по справочнику.

Литниковые системы с различными подводами металла в полость под отливку представлены на рисунке 2.9, где  $H$  – высота стояка от верхнего уровня металла в форме до уровня подвода его в полость под отливку,  $h$  – высота отливки над уровнем подвода металла в полость под отливку,  $C$  – высота отливки. На чертеже песчаной литниковой формы литниковой системы изображают сплошной тонкой линией.

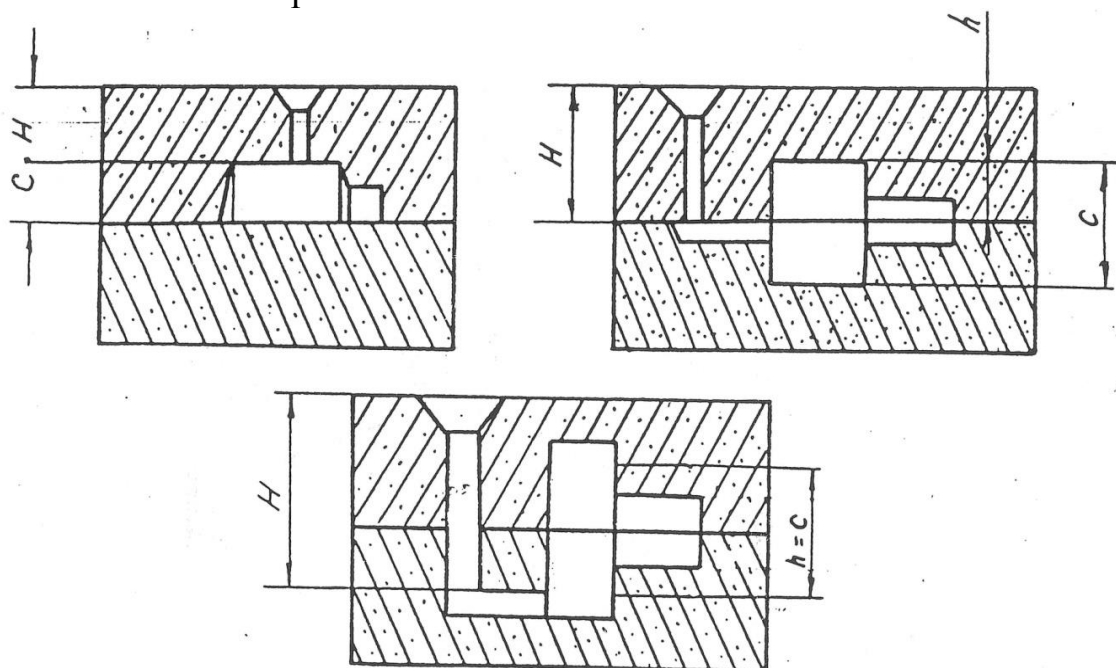


Рисунок 2.9 – Литниковые системы с верхним, боковым и нижним подводом металла

Размеры элементов литниковой системы на чертеже проставляются в сечениях соответствующих элементов литниковой системы. Допускается указывать площадь сечений (рисунок 2.10).

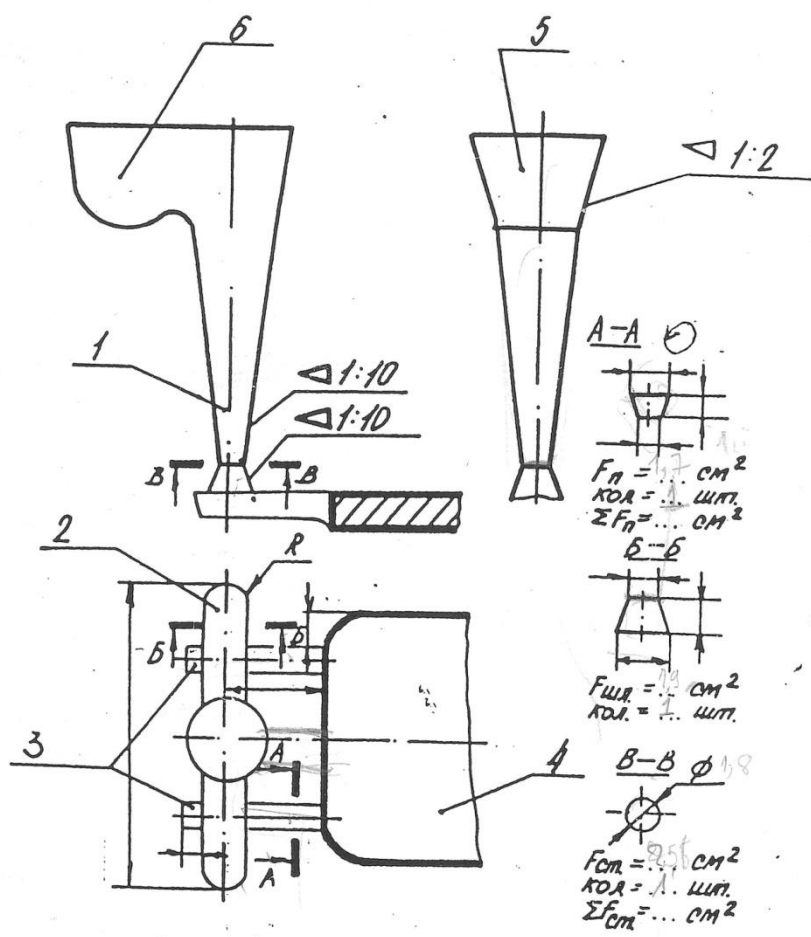


Рисунок 2.10 – Литниковая система:

- 1 – стояк; 2 – шлакоуловитель;  
 3 – питатели; 4 – отливки; 5 – литниковая воронка; 6 – литниковая чаша

### 2.2.6 Выбор количества стержней литейной формы и назначение на них размеров

Стержнями называются элементы литейной формы, необходимые для образования отверстий, полостей, сложных верхних очертаний отливок.

Места крепления стержня в литейной форме называются знаками. Для обеспечения определённого, надёжного и устойчивого положения стержня в форме, предусмотрены фиксаторы (рисунок 2.11).

Таблица 2.5 – Значение длины горизонтальных знаков для сырых форм

$\frac{a+b}{2}$ (или D), мм	Длина знака l, не более				
	При длине стержня L, мм				
	≤ 50	50–80	80–120	120–180	180–250
≤ 30	20 мм	25 мм	30 мм	35 мм	-
30 - 50	-	-	-	-	45 мм
50 - 80	-	-	-	40 мм	50 мм
80 - 120	-	-	35 мм	45 мм	55 мм

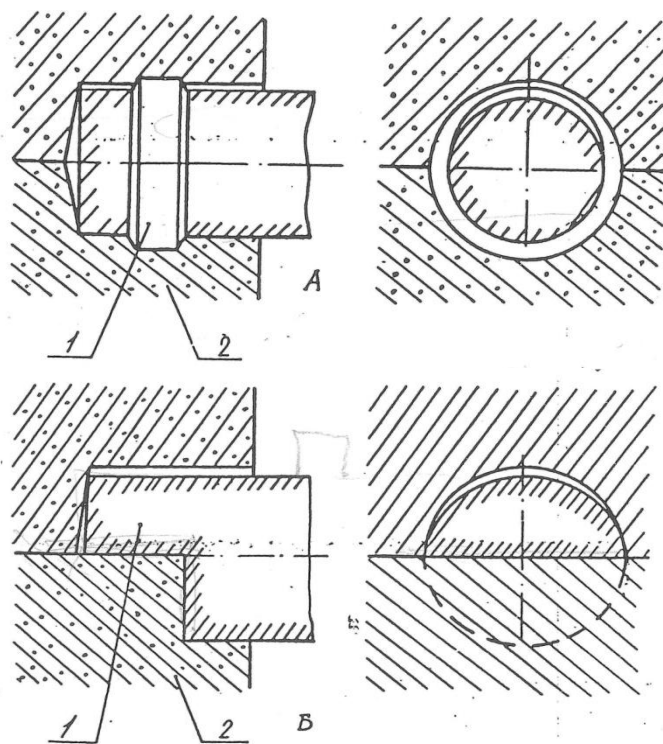


Рисунок 2.11 – Стержневые фиксаторы:

А – кольцевой фиксатор, предотвращающий перемещение стержня в осевом направлении; Б – фиксатор с одним срезом, предотвращающий вращение стержня, и его перемещение в осевом направлении; 1 – стержень; 2 – форма

В зависимости от конструкции отливки элементы стержневых знаков и их размеры регламентируются ГОСТами (таблицы 2.4, 2.5, рисунки 2.12, 2.13).

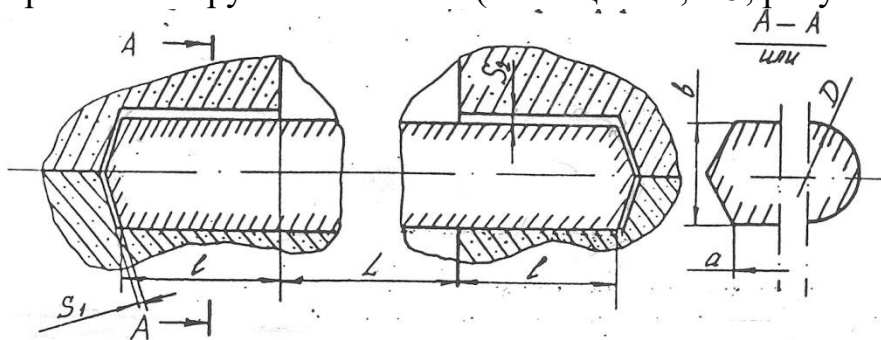


Рисунок 2.12 – Горизонтальные знаки

Значения высоты вертикальных знаков для сырых форм приведены в таблице 2.6.

Таблица 2.6 – Высота вертикальных знаков для сырых форм

$\frac{a+b}{2}$ (или D), мм	Высота знака h, мм			
	при длине стержня L, мм			
	≤ 50	50–80	80–120	120–180
≤ 30	20 мм	30 мм	-	-
30–50	-	35 мм	50	60
50–80	25 мм	-	40	50
80–120	-	-	-	-

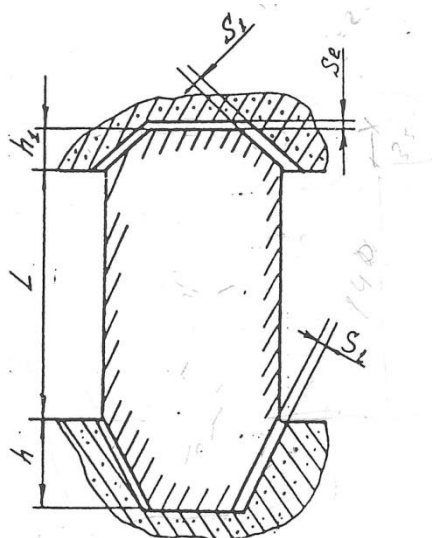


Рисунок 2.13 – Вертикальные знаки

Высоту верхних вертикальных знаков  $h_1$  принимают не более половины от высоты  $h$ .

По ГОСТам определяется зазоры между знаками литейной формы и знаками стержней (таблица 2.7).

Таблица 2.7 – Размеры зазоров между знаками формы и стержня

Длина знака $l$ или высота $h$ ( $h_1$ ), мм	Зазор $S_1$ , мм				
	при длине стержня $L$ , мм				
	$\leq 50$	50–80	80–120	120–180	180–250
$\leq 30$	0,8	0,9	1,1	1,2	1,4
30–50	1,2	1,3	1,5	1,6	1,8
50–80	-	1,4	-	1,7	1,9
80–120	1,3	1,5	1,6	1,8	2,0
	Зазор $S_2$ , мм				
	1,2	1,5	1,7	2,0	2,3

К стержневым смесям предъявляют более жёсткие требования по твердости, огнеупорности, пластичности, низкой гигроскопичности, хорошей выбиваемости, высокой газопроницаемости, чем к формовочным смесям, так как при заливке стержни окружены со всех сторон расплавленным жидким металлом.

Различают стержневые смеси, отверждаемые тепловой обработкой, например, песчано-масляные (связующее – раствор растительных масел и канифоли в уайт-спирите) песчано-глинистые и песчано-смоляные (связующее – синтетические смолы КФ-90, ОФ-1, пульвербакелит и др.) и стержневые смеси, не требующие тепловой обработки, – холоднотвердеющие смеси на синтетических смолах, в которых в качестве связующих используют карбамидные, фенолофурановые и другие смолы.

Стержни изготавливают в стержневых ящиках (рисунок 2.14). При этом выполняются такие операции как: подготовка стержневого ящика; заполнение



его смесью; удаление излишков смеси; извлечение стержня; отделка стержня, заключающаяся в заделывании неплотностей, подрывов и т. д. Чтобы легко и свободно извлечь стержень из стержневого ящика, на соответствующих поверхностях предусматривают формовочных уклоны.

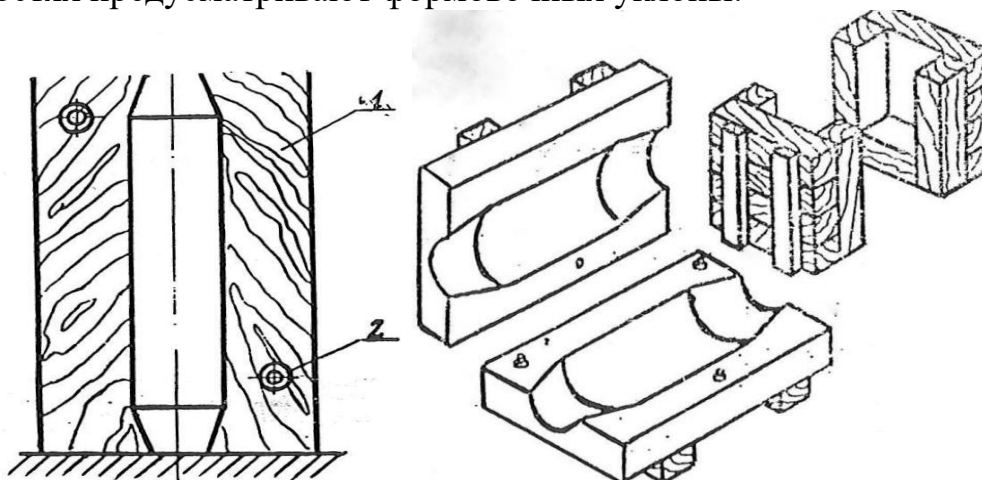


Рисунок 2.14 – Стержневой ящик:

1 – полуформа стержневого ящика; 2 – фиксирующий штифт

Стержни со знаками и знаки модели изображают на чертеже сплошной тонкой линией. Стержни и знаки изображаются на минимальном количестве сечений и разрезов, так чтобы дать представление об их контуре, размерах и месторасположении. В разрезе стержни штрихуют только у контурных литий, длина которых равняется от 3 до 30 мм.

### 2.2.7 Разработка модели с целью образования полости под отливку

Модель – приспособление, предназначение для получения в литейной форме полости, конфигурация которой соответствует заготовки. Модели изготавливаются из таких материалов как дерево, металл, полимерные материалы. Для единичного и мелкосерийного производства целесообразно изготавливать модели из дерева или пластмассы. Значения формовочных уклонов для различных материалов моделей приведены в таблице 2.2.

В зависимости от особенностей конфигурации детали и, учитывая необходимость извлечения модели из литейной формы, модель может неразъёмной (рисунок 2.15) или разъёмной (рисунки 2.16, 2.17).

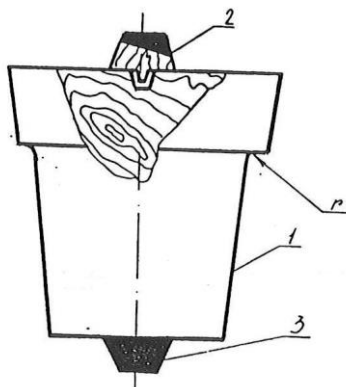


Рисунок 2.15 – Эскиз модели:  
1 – модель; 2 – отъемный знак; 3 – неотъемный знак

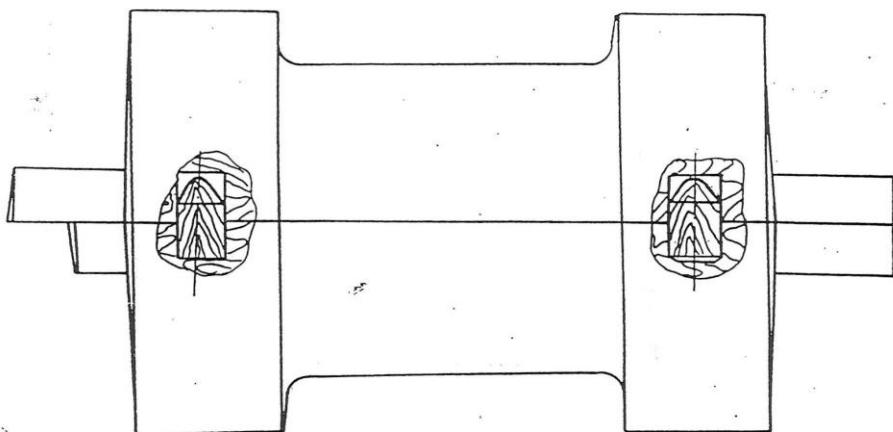


Рисунок 2.16 – Эскиз модели

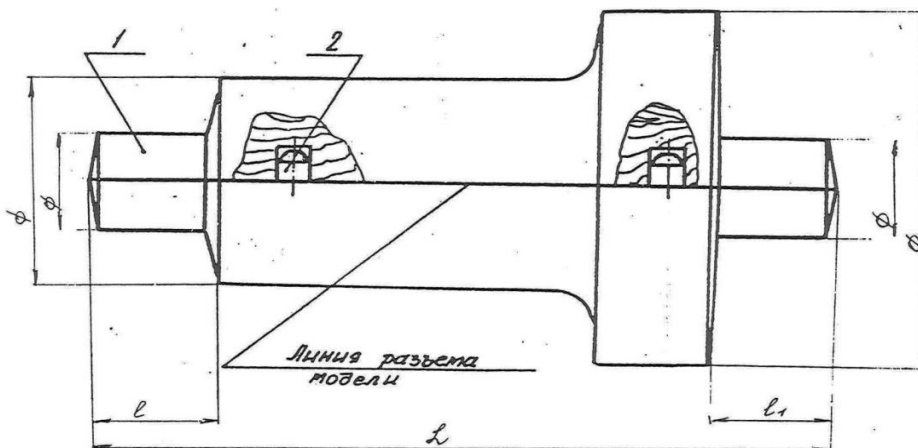


Рисунок 2.17 – Модель разъёмная:  
1 – знак модели; 2 – фиксирующий штифт

Для изготовления модельного комплекта при единичном производстве, применяют типовые усадочные метры: средняя усадка для чугуна – 1 %;

средняя усадка для стали – 2%. В технических условиях необходимо сделать «Модель изготовить с учётом одного процента усадки».

### 2.2.8 Выполнение литейной песчаной форме в поперечном разрезе

Чертеж литейной формы выполняют на копии чертежа детали, который должен соответствовать требованиям стандарта ЕСКД и ГОСТ 3.1125-88 «Правила выполнения чертежей литейной формы и отливки».

Линейная форма изображается на отдельном чертеже, на котором показываются и обозначаются все детали и полости, попадающие в разрез сплошной линией, а, оказавшиеся за плоскостью разреза, пунктирной.

На литейной форме должны указываться: полости под отливку, полости от элементов литниковой системы, опоки, центрирующие винты, местоположение выпоров. Вид штриховки должен соответствовать материалу, из которого выполнено изделие: формовочная смесь или металл. Верхняя и нижняя опоки представляют собой отдельные изделия, как и формовочные смеси, находящиеся в них, и штрихуются по-разному.

Пример выполнения литейной формы получения отливки в песчаных формах в одной опоке представлен на рисунке 2.18, а в двух опоках на рисунке 2.19.

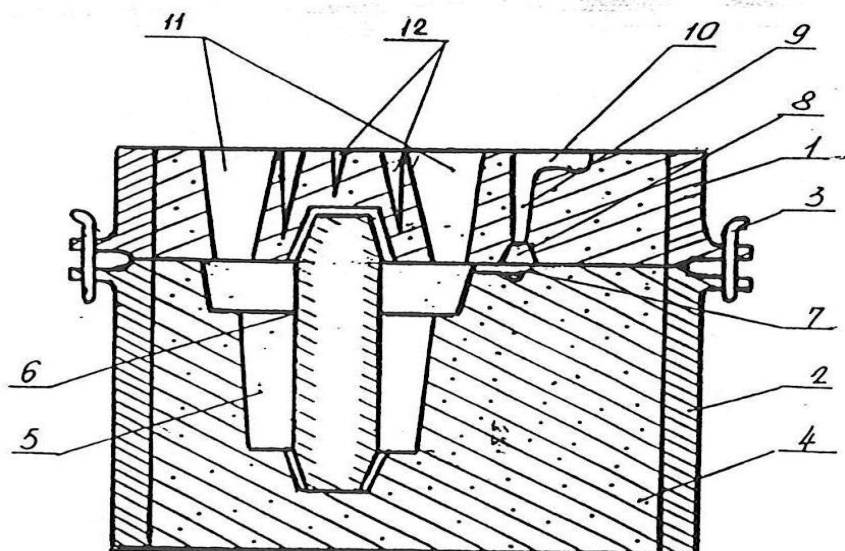


Рисунок 2.18 – Разрез разовой песчаной формы в одной опоке:

- 1 – верхняя опока; 2 – нижняя опока; 3 – центрирующие штыри;
- 4 – формовочная смесь; 5 – полость под отливку; 6 – стержень; 7 – питатель;
- 8 – шлакоуловитель; 9 – стояк; 10 – литниковая чаша; 11 – выпоры;
- 12 – вентиляционные каналы

### 2.3 Порядок получения отливки в разовых песчаных формах

При литье в песчаные формы отливки получают путём заливки их расплавленным металлом. Песчаные формы изготавливают ручной или

машинной формовкой смесей. В мелкосерийном производстве формовка выполняется в основном ручным способом и в одной или двух опоках.

Неразъемные модели располагаются в одной нижней опоке, а структурные элементы литниковой системы в другой – верхней (рисунок 2.19).

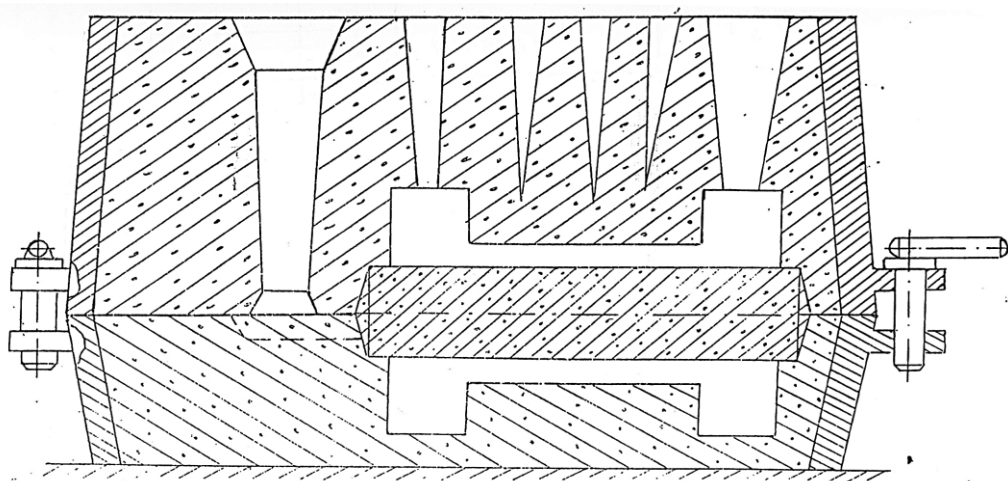


Рисунок 2.19 – Разрез разовой песчаной формы в двух опоках

Модели разъемных моделей выполняют двух опоках, а их соединение и фиксирование осуществляется с помощью штифтов (рисунок 2.19).

Основным компонентом формовочных, как и стержневых смесей является кварцевый ( $\text{SiO}_2$ ) или цирконовый ( $\text{ZrO}_2 \cdot \text{SiO}_2$ ) песок, а также, глина (до 16 %). Применяемые каолиновые ( $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) и бентонитовые ( $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4 \text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O} + n \text{H}_2\text{O}$ ) глины, обеспечивают пластичность и прочность смеси, благодаря их высоким связующим свойствам. Включают в небольших количествах органические и неорганические дополнительные связующие (1,5–3 %), растворимые и нерастворимые в воде, такие как сульфитно-спиртовая барда, битум, канифоль, цемент, жидкое стекло, терморезактивные смолы и др.

Процесс формовки разовой литейной песчаной формы состоит из нескольких этапов.

При изготовлении нижней полуформы половина модели (без штифтов) устанавливается на подмодельной плите внутри нижней опоки. Заполнение опоки сначала облицовочной, затем наполненной смесями, до полного покрытия модели, осуществляется одновременно с её уплотнением, трамбовкой. Газоотводные вентиляционные каналы выполняются посредством прокалывания иглой (электродом) уплотненной смеси.

При изготовлении верхней полуформы осуществляется поворот нижней опоки с полуформой на  $180^\circ$  и её установка на подмодельной плите. На нижнюю опоку устанавливают верхнюю, а на нижнюю половину модели ставят верхнюю половину и фиксируют её с помощью штифтов. После определения местоположения моделей стояка, выпора и других элементов литниковой системы, на поверхность нижней полуформы наносят слой разделительного

песка. Заполнение верхней опоки, включая покрытие модели отливки и элементов литниковой системы, осуществляется сначала облицовочной, затем наполнительной смесями, сопровождается уплотнением, формообразованием вентиляционных каналов. На верхней полуформе над стояком круговыми движениями совка делается литниковая чаша. С помощью центрирующих винтов осуществляется выравнивание верхней опоки относительно нижней.

Процесс подготовки полуформ к сборке начинается со съёма верхней полуформы с нижней и удаления из обеих полуформ двух половин модели отливки и моделей элементов литниковой системы. В случае отсутствия моделей шлакоуловителя и питателя необходимо сделать прорезание канала, соединяющего стояк с внутренней полостью формы. На рабочие поверхности наносят тонкий слой припыла или краски – противопопригарные материалы для предотвращения привара металла к формовочной смеси и повышения чистоты поверхности отливок.

Сборка формы выполняется после извлечения модели из формовочной смеси, в результате чего образуется рабочая полость, в которой размещают стержни. Стержни висят на знаках в нижней полуформе. Перед заливкой верхнюю и нижнюю опоки скрепляют между собой с помощью скоб и других приспособлений.

В собранную форму через литниковую систему заливают расплавленный металл. Заливку сплава в форму осуществляют посредством ковшей; при этом процесс длится без прерывания струи до полного заполнения литниковой чаши.

## **2.4 Охлаждение, выбивка и очистка отливок**

Процесс охлаждения отливок может продолжаться от минут до суток в зависимости от их массы, состава сплава и свойств формовочных материалов. После кристаллизации металла, по достижении определённой температуры, и охлаждения отливки, производят разъём опок. Литейную форму разрушают, извлекают из неё отливку и удаляют стержни. Для извлечения стержней из крупных отливок используют сильной напор струи воды под давлением до 10МПа [3, с. 324].

От отливки отделяют литниковую систему с прибылями и очищают поверхности отливки от остатков формовочной смеси.

Обрубка литников, прибылей, удаление дефектов осуществляется электродуговой или газовой резкой, с помощью ленточных или дисковых пил, пневматических зубил, а также и другими методами.

Очистка отливок производится или во вращающихся барабанах за счёт трения друг о друга деталей и чугунных «звёздочек», загружаемых в барабаны вместе с отливками, или в гидropескоструйных установках струёй воды песком под давлением до 3МПа, или в дробеструйных камерах струёй чугунной или стальной дроби.

### 3. ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ

Обработка металлов давлением – технологический метод производства деталей и заготовок путем пластического деформирования, которое осуществляется силовым воздействием инструмента на исходную заготовку из металла, обладающего необходимой пластичностью.

Если при упругих деформациях деформируемое тело полностью восстанавливает исходную форму и размеры после снятия внешних сил, то при пластических деформациях изменение формы и размеров, вызванное действием внешних сил, сохраняется и после прекращения действия этих сил. Упругая деформация характеризуется смещением атомов относительно друг друга на величину, меньшую межатомных расстояний, и после снятия внешних сил атомы возвращаются в исходное положение. При пластических деформациях атомы смещаются относительно друг друга на расстояние, большие межатомных, и после снятия внешних сил не возвращаются в свое исходное положение, а занимают новые положения равновесия.

В новые положения равновесия атомы могут переходить в результате смещения в определенных параллельных плоскостях, без существенного изменения расстояния между этими плоскостями. При этом атомы не выходят из зоны силового взаимодействия, и деформация происходит без нарушения сплошности металла. Поэтому объем тела до пластической деформации равен его объему после деформации.

#### 3.1 Основные понятия и определения

**Холодная деформация** – изменение формы зерен металла, которые вытягиваются в направлении наиболее интенсивного течения металлов и сопровождаются изменением механических и физико-химических свойств металла.

**Горячая деформация** – характеризуется таким соотношением скоростей деформирования и рекристаллизации, при котором рекристаллизация успевает произойти во всем объеме заготовки, и микроструктура после обработки давлением оказывается равноосной, без следов упрочнения.

**Прокатка** – обжатие заготовки между вращающимися валками. Силами трения заготовка втягивается между валками, а силы, нормальные к поверхности валков, уменьшают поперечные размеры заготовки.

**Прессование** – продавливание заготовки в замкнутой форме через отверстие матрицы, причем форма и размеры поперечного сечения выдавленной части заготовки соответствуют форме и размерам отверстия матрицы.

**Волочение** – заключается в протягивании заготовки через сужающуюся полость матрицы, площадь поперечного сечения заготовки уменьшается.

**Ковка** – изменение формы и размеров заготовки путем последовательного воздействия универсальным инструментом на отдельные участки заготовки.

**Штамповка** – изменение формы и размеров заготовки с помощью специализированного инструмента – штампа (для каждой детали изготавливают свой штамп).

**Молоты** – машины динамического ударного действия. Продолжительность деформации на них составляют тысячные доли секунды. Металл деформируется за счет энергии накопленной подвижными частями молота, к моменту их соударения с заготовкой.

**Гидравлические прессы** – машины статического действия; продолжительность деформации на них может составлять от единиц до десятков секунд.

**Припуск** – увеличение размеров поковки над номинальными размерами детали, обеспечивающее после обработки резанием необходимые размеры и шероховатость поверхности детали.

**Допуск** – предельное отклонение от заданных размеров поковки, учитывающее конкретные условия и возможности кузнечного производства.

**Напуск** – местное увеличение объема металла на обрабатываемых или необрабатываемых частях поверхности поковки для упрощения формы. Удаляется в процессе механической обработки резанием.

### **3.2 Основные операцииковки**

К основным операциямковки относятся

**Осадка** – уменьшение высоты заготовки при увеличении площади ее поперечного сечения. Осадку производят бойками или осадочными плитами. Осадку применяют для получения поволоков с большими поперечными сечениями из заготовок меньшего поперечного сечения (поковки шестерен, дисков и т. п.), перед прошивкой отверстия или перед протяжкой для увеличения уклона или размеров поковки.

**Высадка** – разновидность осадки, при которой металл осаживают лишь на части длины заготовки.

**Протяжка** – удлинение заготовки или ее части за счет уменьшения площади поперечного сечения. Разновидностями протяжки являются разгонка, протяжка с оправкой, раскатка на оправке.

**Гибка** – образование или изменение углов между частями заготовки или придание ей криволинейной формы. Гибку осуществляют с помощью различных опор, приспособлений и в подкладных штампах.

**Скручивание** – поворот части заготовки вокруг продольной оси. Осуществляют его с помощью крана валками, например, при развороте колеи коленчатых валов.

**Отрубка** – полное отделение части заготовки по незамкнутому контуру путем внедрения в нее деформирующего инструмента.

**Пробивка** – образование в заготовке отверстия с удалением материала в отход путем сдвига.

Прошивка – получение полостей в заготовке за счет вытеснения материала. Она может выполняться как самостоятельная операция – продавливание отверстия либо как подготовительная – для последующей раскатки или протяжки заготовки на оправке. Отверстия диаметром до 500 мм пробивают сплошным прошивнем с применением подкладного кольца, а отверстия большего диаметра – полым прошивнем, применяя в случае высокой заготовки надставки.

### 3.3 Определение припусков при ковке вала

Чертеж поковки разрабатывается на основе чертежа детали, приведенного в приложении В (вариант чертежа вала выдается преподавателем).

Припуски и допуски на механическую обработку определяются по чертежу ступенчатого вала и ГОСТа 7829-70 для каждого уступа вала (таблица 3.1). Припуск назначается только для механически обрабатываемых поверхностей деталей из расчета обработки поковки с двух сторон (или по диаметру). Для деталей, обрабатываемых с одной стороны, величину припуска принимаем с коэффициентом 0,5 от табличного значения.

Допускается округлять расчетные номинальные размеры поковки до ближайших целых чисел в большую сторону.

Таблица 3.1 Определение величины припусков и допусков на диаметры вала

Длина детали $L$	Диаметр детали $D$ или размер сечения $B, H$								
	до 50	св. 50 до 70	св. 70 до 90	св. 90 до 120	св. 120 до 160	св. 160 до 200	св. 200 до 250	св. 250 до 300	св.300 до 360
Припуски ( $\delta, \delta_1, \delta_2, \delta_3$ ) и предельные отклонения ( $\pm \frac{\Delta}{2}; \pm \frac{\Delta_1}{2}; \pm \frac{\Delta_2}{2}; \pm \frac{\Delta_3}{2}$ )									
До 250	5±2	6±2	7±2	8±3	9±3	-	-	-	-
Св. 250 до 500	6±2	7±2	8±2	9±3	10±3	11±3	12±3	13±4	14±4
Св. 500 до 800	7±2	8±2	9±3	10±3	11±3	12±3	13±4	14±4	15±4
Св. 800 до 1200	8±2	9±3	10±3	11±3	12±3	13±4	14±4	15±4	16±4
Св. 1200 до 1700	-	10±3	11±3	12±4	13±4	14±4	15±4	16±5	17±5
Св. 1700 до 2300	-	11±3	12±3	13±4	14±4	15±4	16±5	17±5	18±5
Св. 2300 до 3000	-	-	13±4	14±4	15±4	16±5	17±5	18±5	19±5
Св. 3000 до 4000	-	-	-	15±5	16±5	17±5	18±5	19±5	20±6
Св. 4000 до 5000	-	-	-	16±5	17±5	18±5	19±5	20±6	21±6
Св. 5000 до 6000	-	-	-	-	18±5	19±5	20±6	21±6	22±6

Припуск  $\delta$  на общую длину принимают равным 2,5 припускам на диаметр или размер уступа наибольшего сечения (рисунок 3.1).

Предельные отклонения  $\pm \Delta/2$  на общую длину принимают равным 2,5 отклонениям на диаметр или размер уступа (рисунок 3.1).



Предельные отклонения  $\pm\Delta/2$  на длину уступов принимают равным 1,5 отклонениям на диаметр или размер выступа наибольшего сечения согласно рисунок 3.1.

При установлении припусков по длине выемок меньшего сечения учитывать, что они должны «поглощаться» припусками по длине соседних уступов большего сечения.

Сумма припусков по длине отдельных уступов должна быть равна припускам на общую длину заготовки.

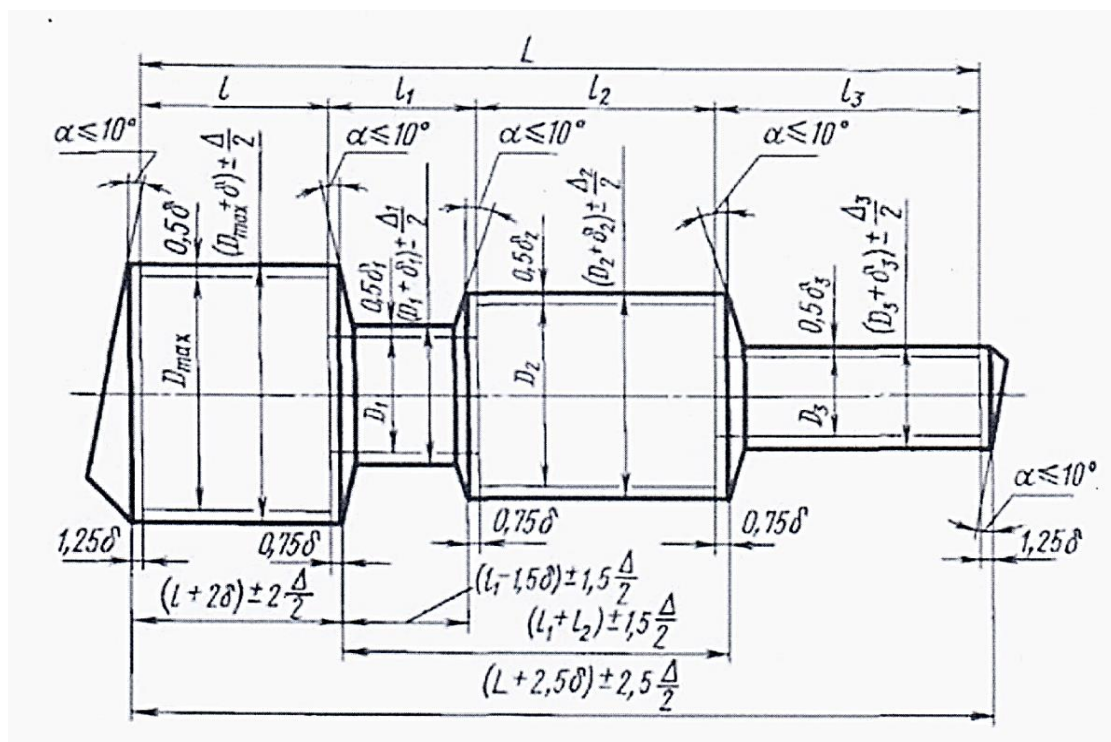


Рисунок 3.1 – Припуски и допуски по длине и диаметрам ступенчатого вала

### 3.4 Выбор вида и веса заготовки для изготовления поковки

Исходный материал для свободнойковки – слитки, блюмы или слябы, а также прокат различных размеров. Выбор заготовки осуществляется по весу поковки.

Исходными заготовками дляковки тяжелых и крупных поковок служат слитки массой до 320 т. Поковки средних размеров и массы изготавливают из блюмов и слябов. Мелкие поковки массой до 100 кг изготавливают из сортового проката квадратного, круглого или прямоугольного сечения.

Для проверки правильности выбора заготовки можно воспользоваться коэффициентом использования металла (отношение площадей сечения заготовки и поковки). Для стальных слитков  $U_k$  должно быть не менее 3–5, а для прокатных заготовок 1,1–1,5.

Вес заготовки из блюмов, слябов или проката определяется из выражения

$$G_z = G_{п} + G_{об} + G_{уг} \quad (3.1)$$

где  $G_{п}$  – вес поковки;  $G_{об}$  – вес обсечек;  $G_{уг}$  – вес угара металла при нагреве и ковке

Из перечисленных величин вес поковки определяется исходя из ее объема и плотности стали, равной  $7,85 \text{ г/см}^3$ . Остальные величины принимают в % от веса поковки.

При ковке очень крупных поковок пользуются заготовками в виде слитков

$$G_з = G_{п} + G_{пр} + G_{дн} + G_{об} + G_{уг} \quad (3.2)$$

где  $G_{п}$  – вес поковки;  $G_{пр}$  – вес отхода с прибыльной части слитка;  $G_{дн}$  – вес отхода с донной части слитка;  $G_{об}$  – вес обсечек;  $G_{уг}$  – вес угара металла при нагреве и ковке.

Все отходы с прибыльной части слитка принимают обычно не менее 20 %, а с нижней донной части не менее 5 % от общего веса слитка. Все отходы на угар составляют 2–3 % от веса нагреваемого металла на каждый нагрев и 1,5–2 % на каждый подогрев, производимые в обычных нагревательных печах. Вес отхода на обсечку зависит от сложности поковок, принятого технологического процесса и составляет до 7 %.

Объем поковки  $V_{п}$ , необходимый для определения веса, рассчитывается как сумма объемов отдельных элементов с учетом припусков по диаметрам и длине поковки

$$V_{п} = V_1 + V_2 + V_3 + V_4 \quad (3.3)$$

Вес заготовки определяется как произведение объема заготовки  $V_{п}$  в  $\text{см}^3$  на плотность стали  $\gamma = 7,85 \text{ г/см}^3$ , т.е.

$$G_з = V_{п} \cdot \gamma \cdot 1,1 \quad (3.4)$$

где 1,1 – учитывает дополнительную массу отходов на угар и обсечку.

### **3.5 Выбор оборудования для свободнойковки и выбор интервала температур нагрева заготовки**

Выбор оборудования дляковки осуществляется в зависимости от режимаковки данного металла, массы поковки и ее конфигурации.

При свободнойковке мелких поковок массой до 100 кг обычно применяют пневматические ковочные молоты, средних поковок массой до 1500 кг используют паровоздушные ковочные молоты. Крупные поковки массой свыше 1500 кг обрабатывают на гидравлических ковочных прессах.

На рисунке 3.2 показана схема паровоздушного молота арочного типа

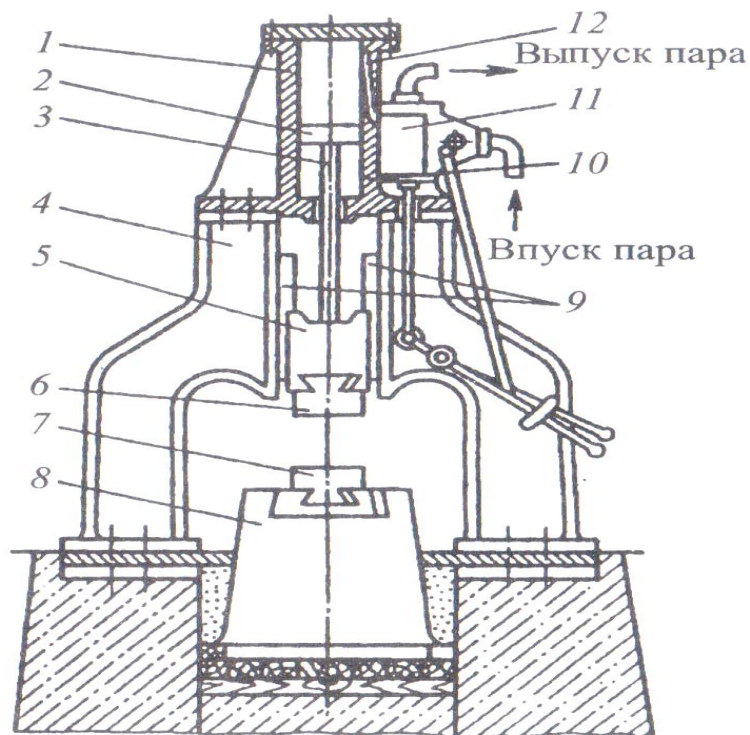


Рисунок 3.2 – Схема паровоздушного молота:

1 – рабочий цилиндр; 2 – поршень; 3 – шток; 4 – станина; 5 – баба;  
 6 – верхний боек; 7 – нижний боек; 8 – шабот; 9 – направляющие; 10 – канал подачи пара; 11 – газораспределительное устройство; 12 – канал для подачи сжатого пара в верхнюю полость цилиндра

В таблице 3.2 приведены интервалы температур нагрева заготовки при свободной ковке в зависимости от процентного содержания углерода для данной в задании марки стали.

Таблица 3.2 – Интервал температур нагрева заготовок в зависимости содержания углерода.

С, %	Температура начала процессаковки	Температура конца процессаковки
До 0,3	1200	860
0,3–0,5	1150	820
0,5–0,9	1050	800
0,9–2,14	1000	780

Молоты обслуживаются обычно консольно-поворотными кранами, прессы – мостовыми кранами.

Графическая часть состоит из чертежа вала с необходимыми размерами и чертежа поковки с указанными припусками и допусками для механической обработки.

#### **4. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ**

В процессе механической обработки, выполняемой на металлорежущих станках, с применением специального, имитирующего клин, инструмента изготавливаются практически все ответственные детали. Совокупность действий, направленных на изменение размеров и формы заготовок в соответствии с заданными классом чистоты поверхностей и точности размеров, путём снятия припуска режущими инструментами, называется обработкой резанием.

В зависимости от формы и материала деталей, точности и чистоты поверхностей, требований, предъявляемых к ним, механическая обработка резанием выполняется точением, сверлением, фрезерованием, шлифованием, строганием и др. на соответствующих металлорежущих станках.

В механический или механосборочный цех детали поступают из заготовительных цехов (литейном, кузнечнопрессовом, сварочном) в виде отливок, штампованных или кованных поковок.

##### **4.1 Основные понятия и определения**

**Механическая обработка** поверхности материала заготовки или изделия – получение предварительных или окончательных их размеров в соответствии с требованиями чертежа и технологического процесса, который обычно осуществляется на металлорежущих станках или с помощью слесарного оборудования, механическим воздействием режущего инструмента. В процессе операций механической обработки для предания заготовке требуемых размеров, соответствующих требованиям чертежа, удаляют припуск.

**Припуск на обработку** – толщина слоя металла, удаляемая с поверхности отливки при её обработке в целях обеспечения заданных размеров, формы, расположения, неровностей и шероховатости поверхности детали [ГОСТ Р 53464-2009]. Припуски на обработку назначают на каждую обрабатываемую поверхность отливки.

**Резание металлов** – необходимая для удаления припуска обработка заготовки, осуществляемая путём снятия слоя металла в виде стружки с целью получения заданных размеров, формы, обеспечения требуемой шероховатости и других качеств поверхности.

**Режимы резания** – совокупность условий, определяющих осуществление процесса резания, к которым относятся такие значения как глубина резания, подача, скорость резания, частота вращения шпинделя и др.

**Главное движение резания** ( $D_r$ ) – прямолинейное поступательное или вращательное движение заготовки или режущего инструмента, происходящее с наибольшей скоростью в процессе резания [ГОСТ 25762-83].

**Скорость главного движения резания** ( $v$ ) – скорость определенной точки режущей кромки инструмента или заготовки в главном движении резания.

**Движение подачи** ( $D_s$ ) – прямолинейное поступательное или вращательное движение режущего инструмента или заготовки, при условии, что его скорость ниже скорости главного движения резания, предназначенное для того, чтобы распространить отделение слоя материала на всю обрабатываемую поверхность [ГОСТ 25762-83].

**Подача** ( $S$ ) – отношение расстояния, пройденного рассматриваемой точкой режущей кромки или заготовки вдоль траектории этой точки в движении подачи, к соответствующему числу циклов (полный оборот, ход или двойной ход инструмента или заготовки) или определённых долей цикла другого движения во время резания или к числу определённых долей цикла этого другого движения.

**Глубина резания** ( $t$ ) – толщина, снимаемая в процессе резания, слоя, которая равняется расстоянию между обрабатываемой и обработанной поверхностями, измеренный по перпендикуляру.

**Режущий инструмент** – инструмент для обработки резанием [ГОСТ 25751-83].

**Оснастка станочная** – совокупность устройств и приспособлений, необходимых для установки, ориентации и закрепления заготовки или инструмента, существенно расширяющих функциональные возможности металлорежущих станков. Различают оснастку, используемую для крепления заготовок, режущего инструмента, устройства для измерения и выполнения вспомогательных операций.

## **4.2. Порядок проектирования операций механической обработки**

### **4.2.1 Особенности проектирования операций механической обработки на токарных станках**

Точение – операция, выполняемая на станках токарной группы, для обработки тел вращения, а также получения винтовых, спиральных, резьбовых и других фасонных поверхностей с помощью резцов, сверл, зенкеров, разверток.

Основные схемы резания при точении и применяемые при этом типы проходных резцов (прямой, отогнутый, упорный), показаны на рисунке 4.1. Отогнутый проходной резец может быть использован как для обработки цилиндрических поверхностей, так и для обработки торцовых поверхностей. Прямые и отогнутые проходные резцы применяют для обработки на проход, а при необходимости обточить до уступа, перпендикулярного оси детали применяют упорные резцы (рисунок 4.1 а, б, г, е.). Подрезка торцовой поверхности подрезным резцом изображена на рисунке 4.1, в. Схема расточки

отверстия расточными резцами показана на рисунке 4.1, н, а на рисунке 4.1, д – отрезка заготовки или нарезание канавки при помощи отрезного резца. Нарезание резьбы резьбовым резцом изображено на рисунке 4.1, л, а на рисунке 4.1, м – точение фасонной поверхности фасонным резцом и радиуса закругления галтельным резцом на рисунке 4.1, з. Для чистовой токарной обработки применяются чистовые резцы (рисунк 4.1, ж).

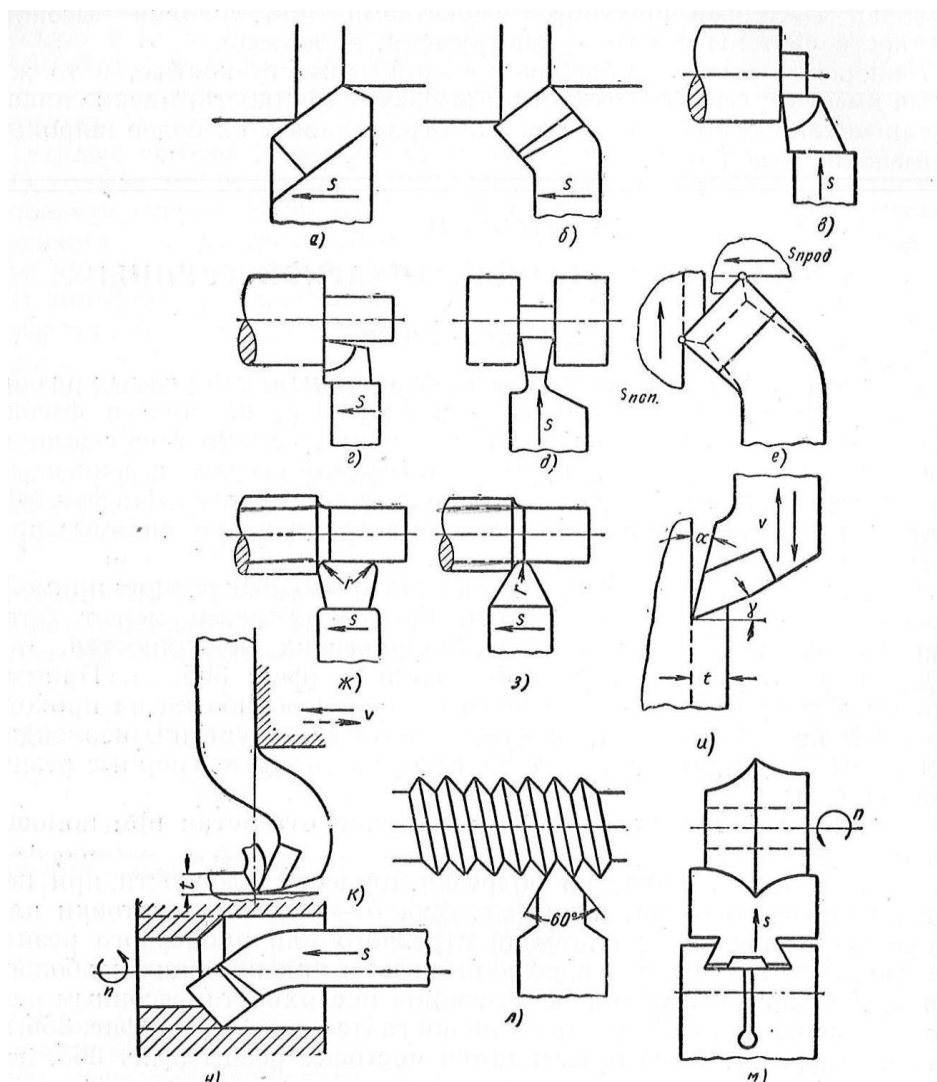


Рисунок 4.1 – Основные схемы резания и резцы для их реализации:

- а – продольное точение прямым проходным резцом;
- б – продольное точение отогнутым резцом;
- в – поперечное точение подрезным резцом;
- г – продольное точение упорным резцом;
- д – прорезка канавки отрезным резцом;
- е – продольное и поперечное точение отрезным резцом;
- ж – чистовое продольное точение широким резцом;
- з – чистовое точение закругленным резцом;
- и – долбление долбёжным резцом;
- к – строгание строгальным резцом;
- л – нарезание резьбы резьбовым резцом;
- м – фасонное точение призматическим фасонным резцом;
- н – расточка отверстия расточным резцом

На рисунке 4.2 представлен токарно-винторезный станок 16К20.

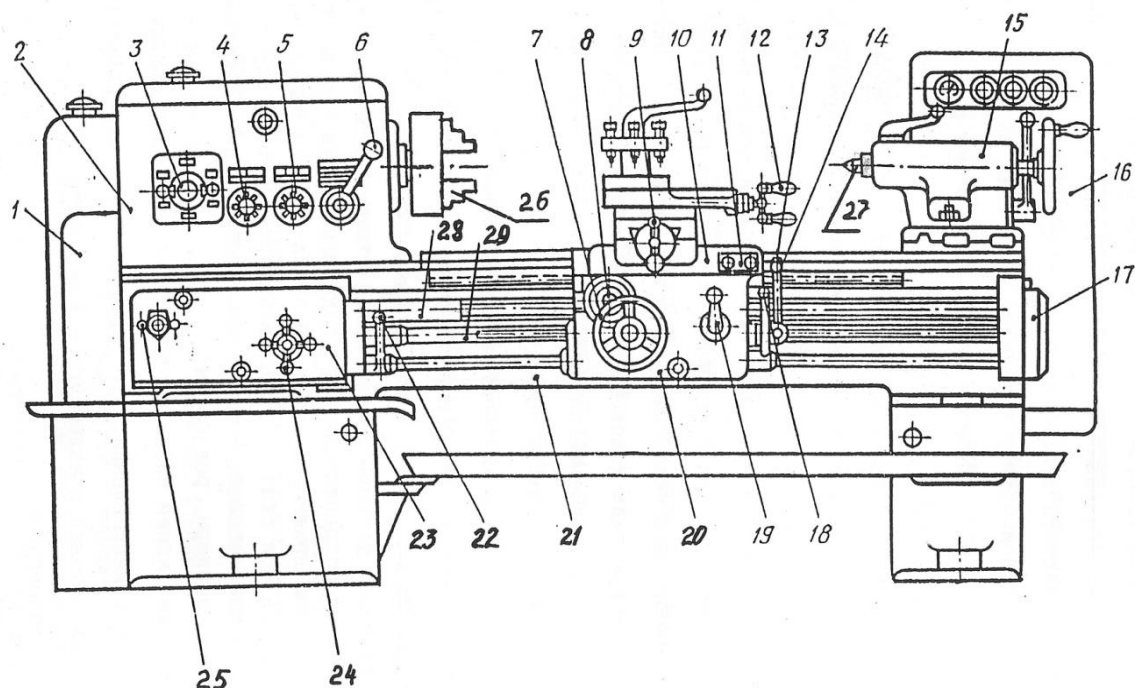


Рисунок 4.2 Схема токарно-винторезного станка:

- 1 – гитара со сменными зубчатыми колёсами; 2 – передняя бабка с коробкой скоростей; 3, 6 – рукоятки переключения коробки скоростей; 4 – рукоятка переключения значения шага резьбы; 5 – рукоятка переключения направления резьбы (правая, левая); 7 – рукоятка ручного управления суппортом в продольном направлении; 8 – ползун с механизмом включения и отключения ременной шестерни фартука; 9 – рукоятка ручного управления суппортом в поперечном направлении; 10 – суппорт; 11 – кнопочная станция; 12 – рукоятка ручного перемещения верхней части суппорта; 13 – кнопка быстрого включения движения суппорта; 14 – рукоятка включения, выключения реверсирования продольной и поперечной подач суппорта; 15 – задняя бабка; 16 – шкаф с электрооборудованием; 17 – привод быстрых перемещений суппорта; 18, 22 – рукоятки переключения и реверса шпинделя; 19 – рукоятка включения маточной гайки фартука; 20 – фартук; 21 – станина; 23 – коробка подач; 24, 25 – рукоятки управления коробкой подач; 26 – трёхкулачковый патрон; 27 – патрон; 28 – ходовой винт; 29 – ходовой валик

Для обработки отливки на станках токарной группы назначаются режимы резания, значения которых зависят от марки обрабатываемого материала, его физико-механических свойств, состояния поверхности заготовки, вида токарной операции, характера обработки (черновая или чистовая), её условий (прерывистая или непрерывная), материала режущего инструмента.

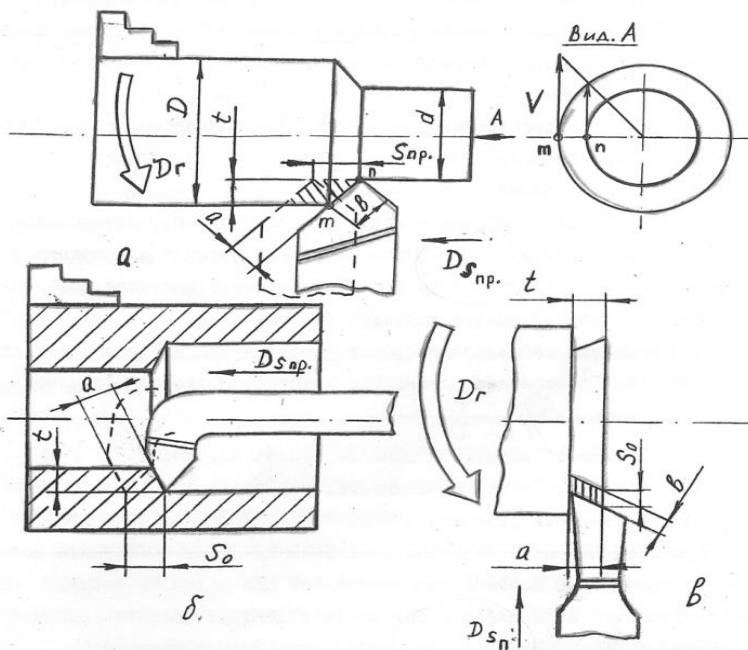


Рисунок 4.3 – Элементы режимов резания при точении:

а – наружное точение; б – растачивание; в – подрезание; D – диаметр обрабатываемой поверхности;

d – диаметр обработанной поверхности; D<sub>s</sub> – направление движение подачи; D<sub>r</sub> – главное лвмдение резания; V – направлнние скорости главного движения резания; S<sub>0</sub> – поавса на оорот заготовки; a – ширина стружки; в – ширна стружки; t – глубина резания

Глубина резания при точении t – толщина снимаемого за один проход инструмента слоя металла, измеренная как расстояние по перпендикуляр между обработанной и обрабатываемой поверхностями.

Глубина резания при растачивании, рассверливании, развертывании, зенкерования определяется по формуле (4.1):

$$t = \frac{D - d}{2}, \quad (4.1)$$

где D – диаметр обрабатываемой поверхности заготовки; d – диаметр обработанной поверхности.

При вытачивании канавки, отрезании заготовки глубина резания равна ширине канавки или ширине отрезного резца за один проход инструмента.

Значение глубины резания выбирается в зависимости от величины припуска, но рекомендуется снимать его одним инструментом и за один проход, что возможно реализовать в зависимости от мощности станка, жесткости крепления заготовки и требуемой точности обработки.

Подача при точении S (мм/об) определяется как расстояние, которое проходит резец за один оборот шпинделя станка. Значение подачи зависит от мощности главного привода станка, глубины резания, вида режущего инструмента, свойств обрабатываемого материала заготовки, требованию к



шероховатости поверхности. В общем виде подача  $S$  определяется как  $(0,05 \div 0,25) t$ .

За скорость резания  $v$  (м/мин) при точении принимается суммарная траектория режущей кромки инструмента в единицу времени. Расчёт скорости резания осуществляется в следующей последовательности:

- определяется глубина резания  $t$ ;
- значение подачи  $S$  выбирается по таблицам 4.1, 4.2;
- устанавливается табличное значение скорости резания  $V$  в таблицах 4.1, 4.2;
- по формуле  $n = 1000v/\pi D$  рассчитывается частота вращения шпинделя станка (об/мин,  $\text{мин}^{-1}$ );
- выбирается по таблице 4.3. ближайшее значение частоты вращения шпинделя для станка модели 1К62;
- рассчитывается уточненное значение скорости резания по формуле (4.2):

$$v = \frac{\pi D n}{1000}, \quad (4.2)$$

где  $D$  диаметр заготовки;  $n$  – частота вращения шпинделя токарного станка.

Таблица 4.1 – Значения подач, скоростей резания для чернового точения чугуна резцами с пластинками из твердого сплава ВК6М в зависимости от глубины резания и исходного диаметра заготовки

Диаметр заготовки не более, мм	Глубина резания $t$ , мм					
	2		4		6	
	Подача, мм/об	Скорость резания м/мин	Подача, мм/об	Скорость резания м/мин	Подача, мм/об	Скорость резания м/мин
40	0,40	200	0,30	190	0,20	150
60	0,50	160	0,40	160	0,30	140
100	0,60	150	0,50	150	0,40	125
150	0,70	140	0,60	130	0,50	115
200	0,80	120	0,70	120	0,60	100

Таблица 4.2 – Значения подач, скоростей резания для чистового точения чугуна резцами с пластинками из твердого сплава ВК6М в зависимости от глубины резания и исходного диаметра заготовки

Диаметр заготовки не более, мм	Глубина резания					
	2		4		6	
	Подача, мм/об	Скорость резания, м/мин	Подача, мм/об	Скорость резания, м/мин	Подача, мм/об	Скорость резания, м/мин
40	0,10	198	0,20	160	0,30	130
60	0,20	165	0,25	150	0,35	120

Диаметр заготовки не более, мм	Глубина резания					
	2		4		6	
	Подача, мм/об	Скорость резания, м/мин	Подача, мм/об	Скорость резания, м/мин	Подача, мм/об	Скорость резания, м/мин
100	0,25	150	0,30	135	0,40	110
150	0,30	140	0,35	120	0,45	100
200	0,35	125	0,40	110	0,50	90

Коробки скоростей и подач – механизмы металлорежущих станков, осуществляющие настройку скорости вращения или перемещения шпинделя и режущего инструмента. При обработке деталей на станках токарной группы требуемое число оборотов шпинделя с заготовкой устанавливается посредством коробки скоростей, а величина линейного перемещения режущего инструмента – подач.

Таблица 4.3 – Табличные данные частоты вращения шпинделя токарно-винторезного станка 1К62 (мин<sup>-1</sup>)

630	12,5	50	200
800	16	63	250
1000	20	80	315
1250	25	100	400
1600	31,5	125	500
2000	40	160	630

При бесступенчатом регулировании возможно установить определённое расчётное значение числа оборотов шпинделя станка, если оно находится в пределах регулирования для данной марки станка. В случае ступенчатого регулирования, что более распространено в металлорежущих станках вследствие большей их надёжности и простоты конструкции, но вызывает некоторую потерю скорости резания и уменьшение производительности обработки, устанавливается ближайшее большее или меньшее значение по отношению к расчётному числу оборотов шпинделя, если последнее не совпало с числом оборотов, имеющихся в ряде. Так как в конструкции коробки подач токарно-винторезного станка 1К62 подачи устанавливаются ступенчато, то действительные их значения уточняется по данным в таблице 4.3.

В таблице 4.4 приведён ряд табличных значений продольных подач для станка 16К20.

Таблица 4.4 – Значения ряда продольных подач токарно-винторезного станка 16К20

2,08	1,90	1,74	1,56	1,40	1,21	1,14
1,04	0,96	0,87	0,78	0,70	0,61	0,57
4,16	3,80	3,48	3,12	2,80	2,42	2,28
0,26	0,23	0,21	0,195	0,17	0,15	0,14
0,52	0,47	0,43	0,39	0,34	0,30	0,18
0,13	0,12	0,11	0,097	0,084	0,074	0,07

Поперечная подача определяется как половина значения продольной подачи.

К приспособлениям, используемым при работе на токарных станках, относятся патроны, планшайба, люнеты, центра и оправки.

Токарные патроны предназначены для установки и закрепления заготовок.

Самоцентрирующиеся трехкулачковые патроны позволяют быстро устанавливать, центрировать и закреплять заготовки (рисунок 4.4). В корпусе 3 самоцентрирующегося патрона находится диск 1, нижняя поверхность которого является коническим колесом, входящим в зацепление с тремя зубчатыми колесами 2, расположенными через  $120^\circ$ . При вращении ключа, вставленного в квадратное отверстие любого из колёс 2, вращается колесо и диск 1, так как на верхнем торце диска нарезана спираль, по которой ходят зубья кулачков 4. При повороте диска 1 происходит одновременное перемещение всех трех кулачков к центру или от центра в зависимости от направления вращения диска.

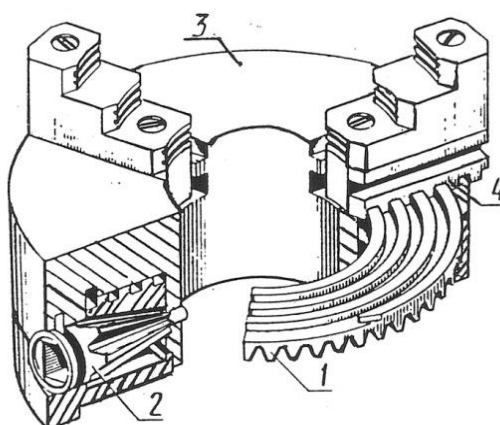


Рисунок 4.4 – Самоцентрирующийся трехкулачковый патрон:

1 – диск; 2 – зубчатое колесо; 3 – корпус; 4 – зуб кулачка

У четырехкулачкового патрона, предназначенного для закрепления разных по размерам и форме заготовок (рисунок 4.5), каждый кулачек 1 перемещается с помощью винта 2 к центру или от центра вне зависимости от перемещения остальных кулачков.

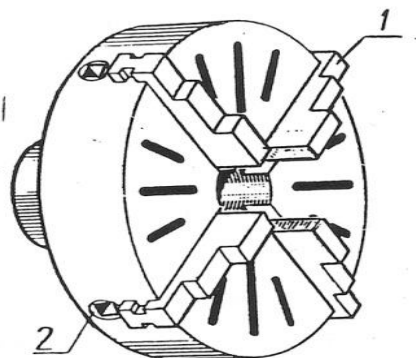


Рисунок 4.5 – Четырёхкулачковый патрон:  
1 – кулачёк; 2 – винт

Для закрепления несимметричных и сложных по конфигурации заготовок применяются планшайбы (рисунок 4.6). Корпус планшайбы представляет собой чугунный диск со ступицей, резьбовое отверстие которой предназначено для закрепления планшайбы на станке путём навинчивания на шпиндель. На передней плоскости находятся от 4 до 6 канавок Т-образного профиля, а также несколько сквозных пазов и отверстий. Заготовки крепятся на планшайбе планками, вставленными в пазы кулачками, и прижимаются ввёрнутыми в кулачки болтами. На рисунке 4.6 показано закрепление заготовки 2 на корпусе 1 планшайбы при помощи угольников 3. На противоположной стороне установлен груз – противовес 4.

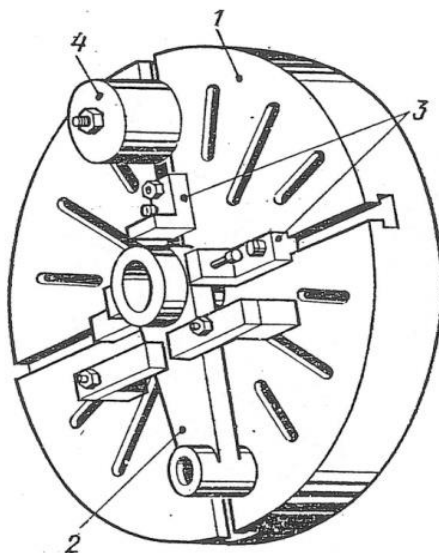


Рисунок 4.6 – Планшайба:  
1 – корпус; 2 – заготовка; 3 – угольники; 4 – противовес

Люнеты – приспособления для дополнительной поддержки нежёстких (длинных и тонких) валов. Люнеты бывают неподвижные (рисунок 4.7) и подвижные (рисунок 4.8).

Люнет неподвижный устанавливается на направляющие станниты станка и закрепляется планкой 5 посредством соединения болта с гайкой 6. Откидная крышка 1 неподвижного люнета раскрывается при установке или снятии обрабатываемой детали. В процессе обработки вал опирается на три кулачка 2, расстояние между которыми и величина сжатия ими вала регулируется винтами 3, а закрепляется в установленном положении болтом 4. Под кулачки люнета на поверхности детали, обычно посередине, необходимо проточить канавку шириной немного больше ширины кулачка.

Наружный диаметр вала сначала обтачивается до кулачков люнета, а после его переустановки, точится окончательно в размер по всей длине.

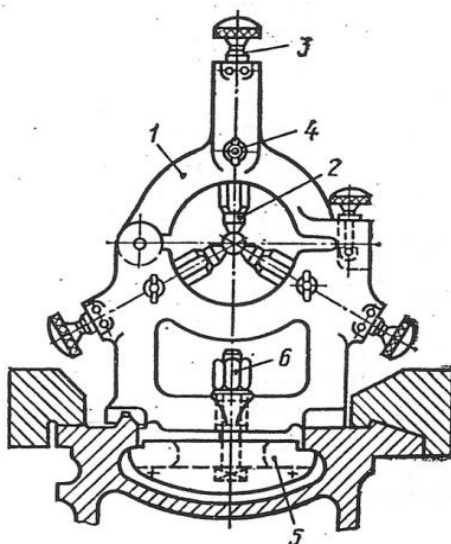


Рисунок 4.6 – Неподвижный люнет:

1 – откидная крышка; 2 – кулачки;  
3 – установочные винты; 4 – болт; 5 – планка; 6 – гайка

Подвижный люнет (рисунок 4.7) прикрепится к каретке суппорта и в процессе обработки перемещается вдоль обрабатываемого вала одновременно с ним. В отличие от неподвижного люнета подвижный имеет два кулачка, так как третьей опорой для вала служит резец.

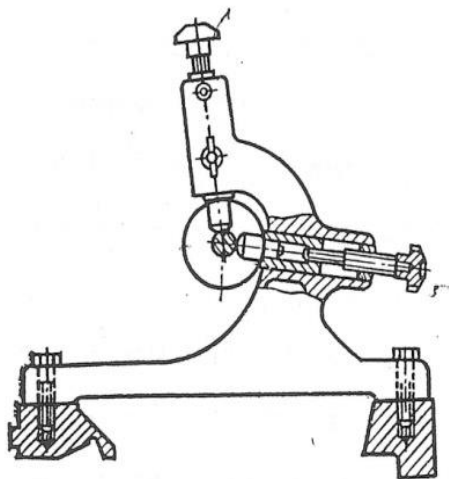


Рисунок 4. 7 Подвижный люнет:  
1 – винт; 2 – установочный винт

Для их установки и закрепления заготовок, поверхности которых должны быть соосны поверхностям, предварительно обработанным с достаточной точностью, применяются такие приспособления как оправки. На рисунке 4.8 представлена конструкция цельной цилиндрической оправки. Обрабатываемая деталь 1 устанавливается на оправке 2. От проворачивания в процессе обработки применяются или шайба 3 с гайкой 4, или используется небольшая конусность на посадочной поверхности оправки 2. Для закрепления оправки на станке используют центра – упорный 5 и вращающийся 6, для чего на её торцах предварительно сверлятся центровочные отверстия. Вращение оправке передаётся от поводкового патрона 9 через хомутик 7, в отверстие которого она вставляется и закрепляется болтом 8, а изогнутая часть хомутика вставляется в прорезь патрона.

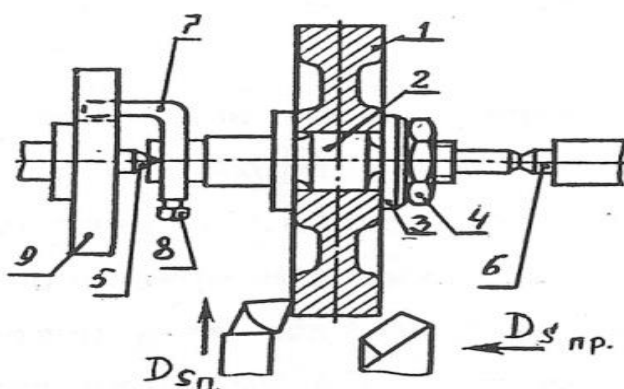


Рисунок 4.8 – Цельная цилиндрическая оправка:  
1 – обрабатываемая заготовка;  
2 – оправка; 3 – шайба; 4 – гайка; 5 – упорный центр; 6 – вращающийся центр;  
7 – хомутик; 8 – болт; 9 – поводковый патрон

Для крепления заготовок, у которых отношение длины к диаметру больше 10 ( $L/d \geq 10$ ), используют центра. В зависимости от назначения различают центра различных конструкций. Чаще всего применяются вращающийся (рисунок 4.9, а) центр, состоящий из рабочей 1 и опорной 2 частей, а также хвостовика 3, и упорный (рисунок 4.9, д) центр, который состоит из конуса и хвостовика, устанавливаемого в пиноль задней бабки.

Для установки деталей, диаметр которых меньше 4 мм используют обратный центр (рисунок 4.9, б), для чего выполняют в детали вместо центровочного отверстия наружный конус с углом при вершине  $60^\circ$ .

Центр со сферической рабочей поверхностью предлагается применять для обработки заготовок, ось которых не совпадет с осью вращения шпинделя станка (рисунок 4.9, в), например, при обточке конусов методом смещения задней бабки.

При необходимости подрезать торец заготовки, применяют задний срезанный центр (рисунок 4.9, г), который устанавливают в пиноль задней бабки.

Центр с рифленой поверхностью рабочей поверхности используют при обработке без поводкового патрона заготовок с диаметром отверстия, которого больше чем диаметр центровочного отверстия.

Для уменьшения износа рабочей части при обтачивании заготовки на высоких скоростях или при больших нагрузках применяют центра, концы которых оснащены твердым сплавом.

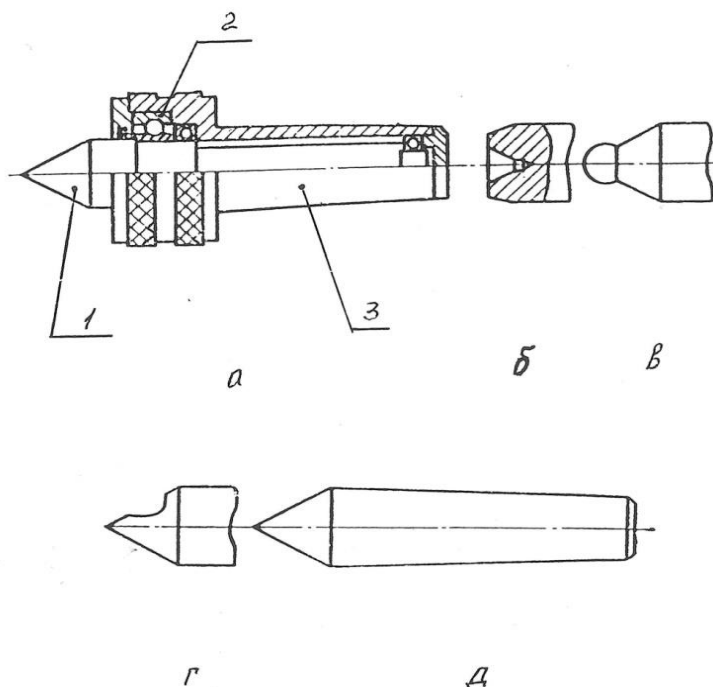


Рисунок 4.9 – Центра:  
 а – вращающийся; б – обратный;  
 в – со сферической рабочей частью; г – срезанный; д – упорный

#### 4.2.2 Особенности проектирования операций механической обработки на фрезерных станках

Фрезерование – операция, выполняемая на фрезерных станках, является видом механической обработки резанием плоскостей, лысок, пазов с помощью специального инструмента – фрезы. При этом фреза совершает вращательное (основное) движение, а обрабатываемая заготовка передвигается поступательно (вспомогательное движение)

В зависимости от обрабатываемого материала, материал режущей части фрезы может быть из быстрорежущей стали, твердого сплава, металлокерамики, минералокерамики.

Фреза – режущий инструмент с одним или несколькими режущими зубьями (лезвиями). В зависимости от назначения и конструкции фрезы изготавливают: цилиндрические, торцовые, концевые, дисковые, червячные, модульные, фрезы типа «ласточкин хвост», Т-образные фрезы, фасонные и др.

Реализация процесса как для цилиндрического фрезерования, когда ось фрезы параллельна обрабатываемой поверхности, так и для торцового фрезерования, когда ось вращения фрезы перпендикулярна обрабатываемой поверхности, возможна путём попутного или встречного вращения фрезы по отношению к направлению движения заготовки.

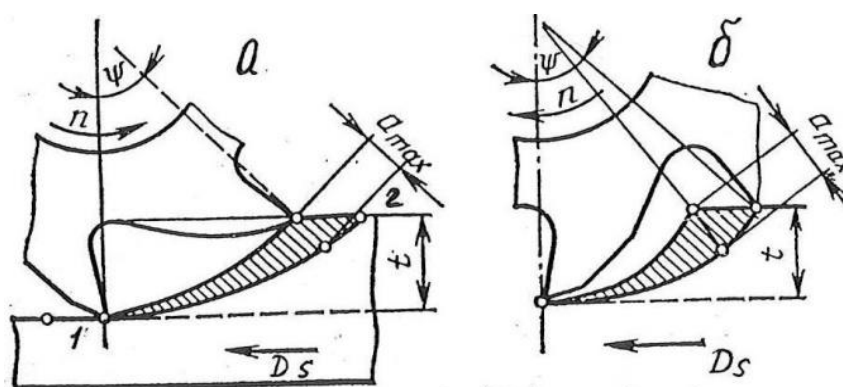


Рисунок 4.10 – Схемы фрезерования:

- а – встречное фрезерование; б – попутное фрезерование;  $\psi$  – угол контакта фрезы с заготовкой;  $n$  – частота вращений фрезы;  $a_{\max}$  – толщина среза;  $t$  – глубина резания;  $D_s$  – движение подачи

При встречном фрезеровании вращение фрезы направлено против направления подачи заготовки, что считается традиционным, толщина стружки на входе равна нулю, а на выходе зуба из заготовки достигает максимального значения. При этом на входе наблюдается значительное трение, упрочняющий поверхностный слой, увеличение температуры и большой износ задней поверхности зуба, хотя он и нагружается более плавно, что увеличивает ресурс всего инструмента. Образуется стружка большой толщины, которая может налипать и царапать обработанную поверхность и, несмотря на то, что требуется больше энергии, встречное фрезерование применяют для черновой



обработки по упрочненному поверхностному слою, по корке при удалении максимального припуска (рисунок 4.10, а).

При попутном фрезеровании вращение фрезы совпадает с направлением подачи заготовки, зуб фрезы при врезании – на входе – снимает максимальную толщину срезаемого слоя, а на выходе равняется нулю. При этом при врезании наблюдается удар, зуб нагружается скачкообразно, что снижает стойкость инструмента, требуется станок достаточной мощности и жесткости. Однако, так как стружка не портит обработанную поверхность и удаляется позади фрезы, трение и температура в зоне резания небольшие, силы резания прижимают заготовку к столу станка, попутное фрезерование рекомендуется для чистового фрезерования, при котором снимается минимальный припуск (рисунок 4.10, б).

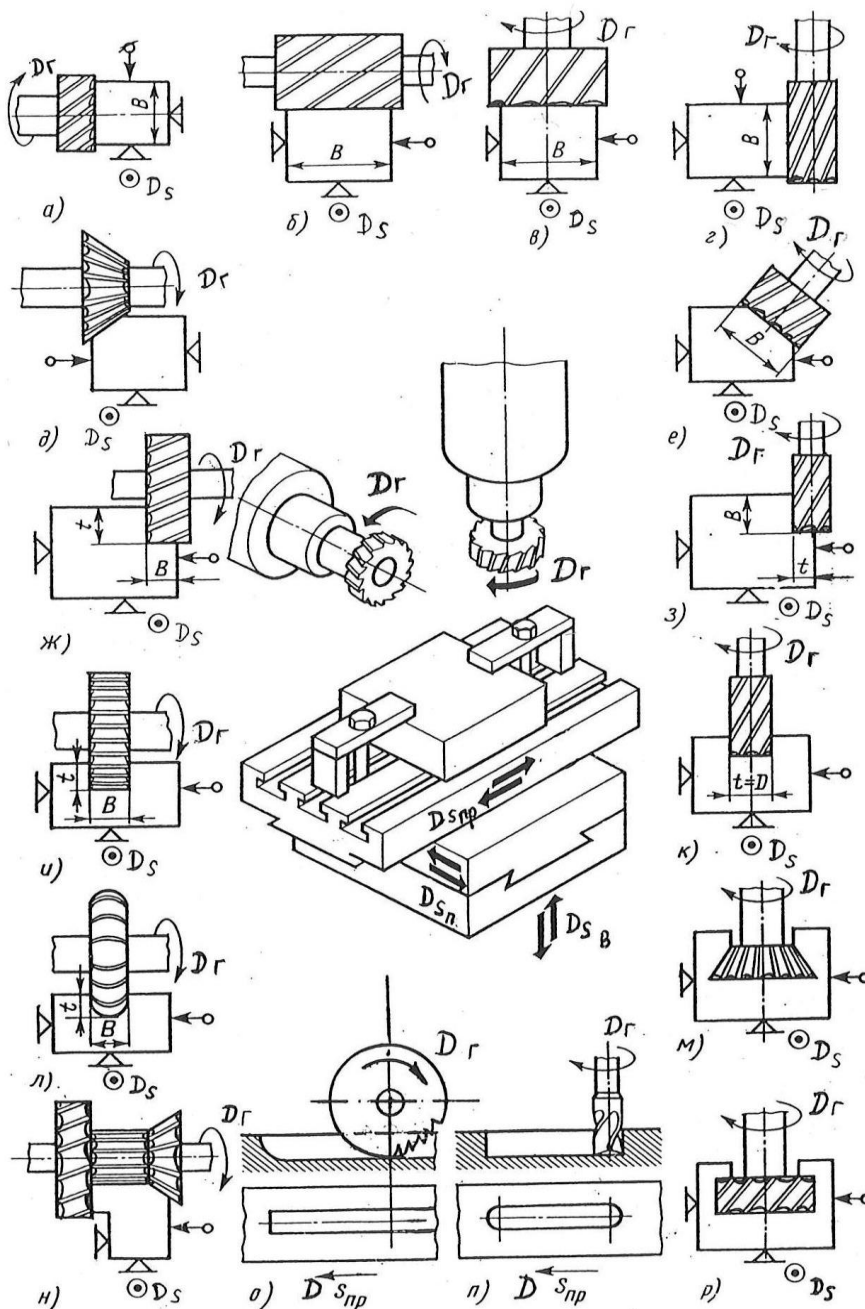


Рисунок 4.11 – Схемы фрезерования поверхностей

При работе цилиндрическими, концевыми, дисковыми и фасонными фрезами и др. возможны следующие схемы резания на фрезерных станках:

- вертикальные плоские поверхности обрабатываются торцовыми фрезами (рисунок 4.11, а), фрезерными головками или концевыми фрезами (рисунок 4.11, г);

- горизонтальные плоские поверхности обрабатываются цилиндрическими фрезами или торцевыми насадными (рисунок 4.11, б, в);

- узкие наклонные поверхности обрабатываются угловой фрезой, а широкие торцовыми насадными фрезами (рисунок 4.11, д, е);

- уступы и прямоугольные пазы выполняются дисковыми двухсторонними, трёхсторонними или концевыми фрезами (рисунок 4.11, ж, з, и, к);

- фасонные поверхности получают фасонными фрезами или комплектом (набором) фрез (рисунок 4.11, л, н);

- пазы типа «ласточкин хвост» получают в два этапа: фрезерование прямоугольного паза концевой фрезой; фрезерование фрезой типа «ласточкин хвост» (рисунок 4.11, м);

- «Т-образные» пазы выполняют в два этапа: фрезерование прямоугольного паза концевой фрезой; фрезерование «Т-образной» фрезой (рисунок 4.11, р);

- шпоночные пазы обрабатывают дисковыми фрезами или концевыми (шпоночными) фрезами (рисунок 4.11, о, п);

- нарезание зубьев методом копирования модульными фрезами или методом «обкатки» червячными фрезами (рисунки 4.11, 4.12);

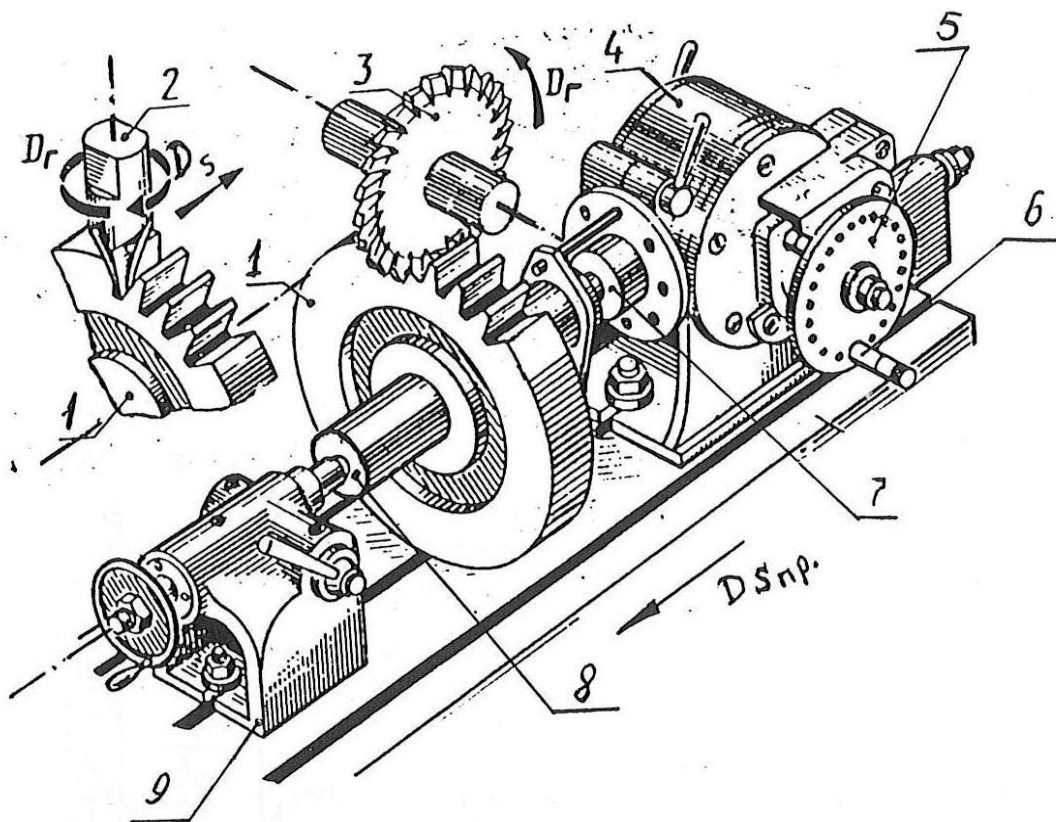


Рисунок 4.11 – Схема нарезная зубьев методом копирования на фрезерном станке:

- 1 – заготовка зубчатого колеса; 2 – пальцевая модульная фреза; 3 – дисковая модульная фреза; 4 – корпус делительной головки; 5 – делительный диск; 6 – рукоятка диска; 7 – шпиндель головки; 8 – оправка; 9 – задняя бабка

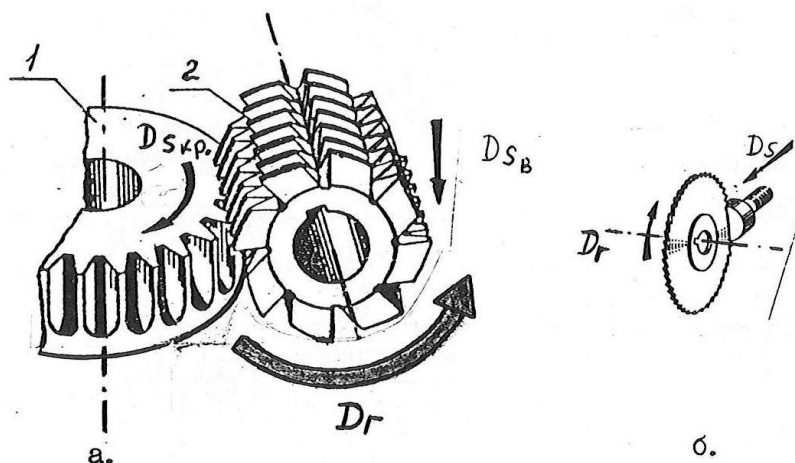


Рисунок 4.12 – Схема нарезная зубьев методом обкатки на фрезерном станке:  
 а – нарезание зубьев; б – прорезание паза дисковой фрезой;  
 1 – заготовка; 2 – червячная фреза

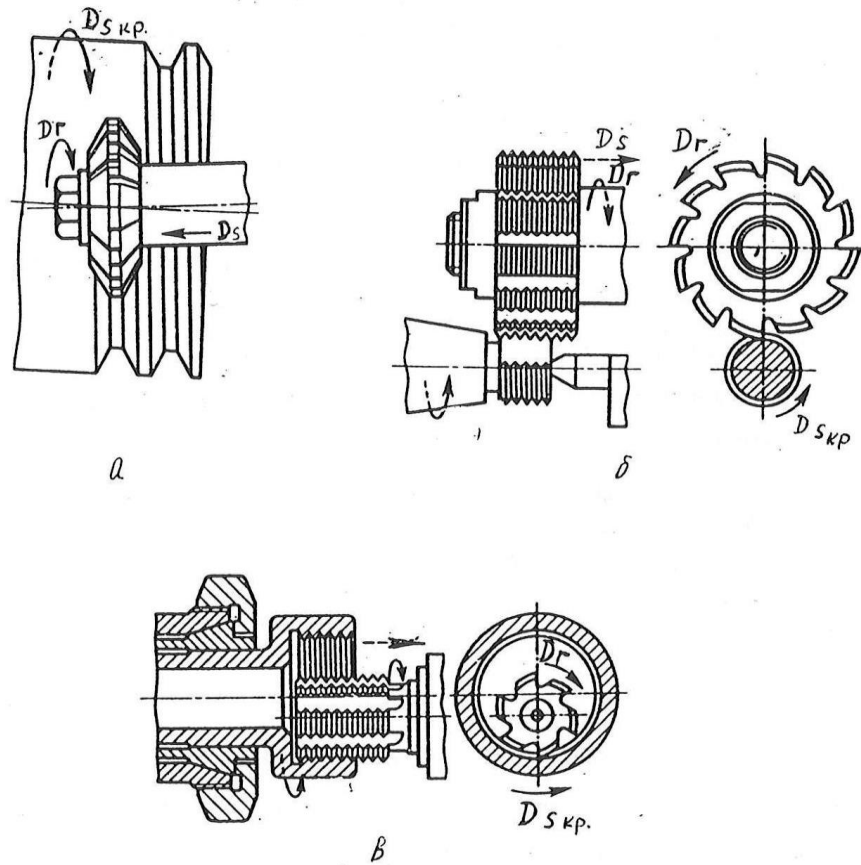


Рисунок 4.13 – Схемы резьбонарезания на фрезерном станке:  
 а – резьбофрезерование дисковой фрезой;  
 б – резьбофрезерование гребенчатой фрезой наружной поверхности;  
 в – резьбофрезерование гребенчатой фрезой внутри отверстия

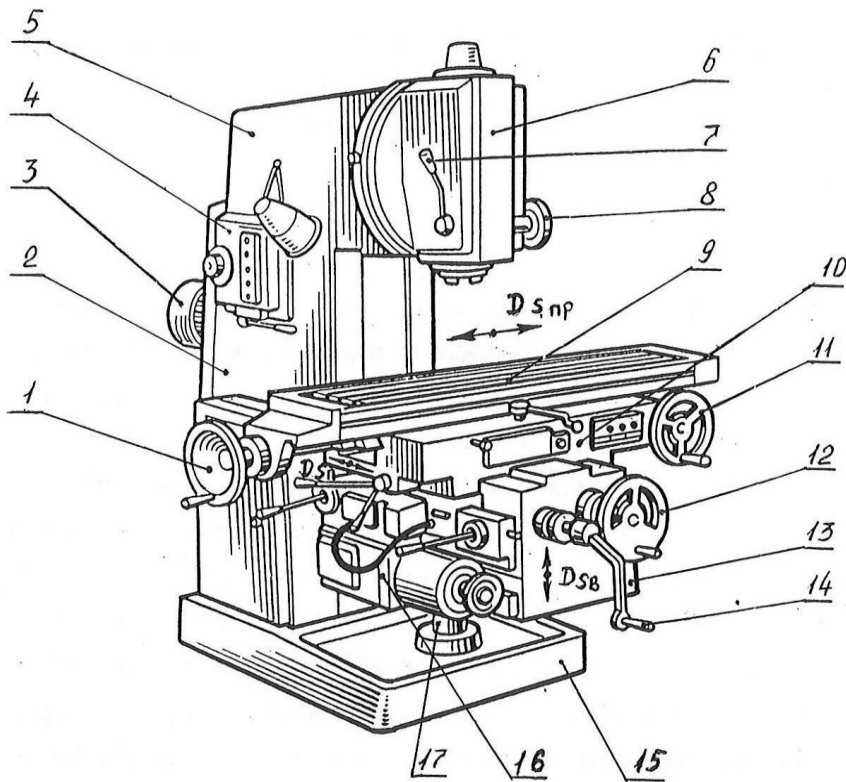


Рисунок 4.14 – Универсальный вертикально-фрезерный станок:  
 1 – маховик ручного продольного перемещения стола; 2 – станина;  
 3 – электродвигатель шпинделя поворотной головки; 4 – коробка переключения; 5 – коробка скоростей шпинделя станка (в корпусе станниты);  
 6 – поворотная головка; 7 – зажим гильзы шпинделя; 8 – маховик выдвижения гильзы шпинделя; 9 – стол; 10 – салазки поперечного перемещения стола;  
 11, 12 – маховики продольного и поперечного перемещения стола;  
 13 – консоль; 14 – рукоятка ручного вертикального перемещения стола;  
 15 – основание; 16 – коробка подач; 17 – стойка

На выбор оптимальных режимов фрезерования влияют материал заготовки, её профиль и размеры.

Глубиной резания  $t$  (мм) при фрезеровании является расстояние между обработанной и обрабатываемой поверхностями (рисунок 4.10). Величина глубины резания зависит от припуска на механическую обработку, мощности станка, жесткости его узлов и требования к шероховатости обрабатываемой поверхности. Обычно глубина резания при черновом точении выбирается от  $4 \div 5$  мм, а при чистовом не превышает от  $0,5 \div 2$  мм. При фрезеровании отливок или поковок, поверхность которых имеет окалину или твердую корку, глубина резания должна быть не более 2 мм, так как зубья фрезы быстро изнашиваются, работая по окалине или литейной корке, загрязненной формовочным песком.

Скорость резания (м/мин) при фрезеровании определяется по формуле (4.3):

$$v = \frac{\pi D_{\phi} n}{1000}, \quad (4.3)$$

где  $D_{\phi}$  – диаметр фрезы, мм;  $n$  – частота вращения фрезы,  $\text{мин}^{-1}$ .

Подача может назначаться на оборот фрезы  $S_{\text{об}}$  – перемещение заготовки за оборот фрезы, или минутная подача  $S_{\text{мин}}$  – перемещение заготовки со столом станка за минуту.

Если  $S_Z$  – подача на зуб, т. е. перемещение стола за время поворота фрезы на один зуб, то  $S_{\text{об}} = S_Z Z$ , где  $Z$  – количество зубьев фрезы, и  $S_{\text{мин}} = S_{\text{об}} n = S_Z Z n$ .

В таблице 4.5. предлагаются значения скорости резания и минутной подачи в зависимости от диаметра фрезы и заданного значения глубины резания.

Таблица 4.5 – Режимы резания при фрезеровании быстрорежущими концевыми или торцевыми фрезами

Диаметр фрезы не более, мм	Глубина резания не более, мм	Скорость резания, м/мин	Минутная подача, мм/мин
12	1	40	180
	3	30	150
	5	25	130
80	1	50	200
	3	40	180
	5	30	150
110	1	55	200
	3	45	180
	5	40	150

За скорость резания  $v$  (м/мин) при фрезеровании принимается окружная скорость фрезы. На значение скорости резания влияют вид обрабатываемого металла, материал режущей части фрезы, режимы резания, а также конструкция и геометрические параметры режущей части фрезы.

Расчет скорости резания при фрезеровании ведётся в следующей порядке:

– определяется глубина резания  $t = H - h$ , где  $H$  – высота заготовки,  $h$  – высота детали;

– выбирается тип и диаметр  $D_{\phi}$  фрезы, в зависимости от размеров и формы обрабатываемой поверхности, но при условии, что  $D_{\phi} \geq 1,2B$ , где  $B$  – ширина фрезерования;

– по таблице 4.5 выбирается значение подачи  $S$  и скорости резания  $v$ ;

– рассчитывается частота вращения фрезы по формуле  $n = 1000v/\pi D_{\phi}$  (об/мин или  $\text{мин}^{-1}$ );

– находится ближайшее значение частоты вращения фрезы по таблице 4.6

п.ст. для вертикально-фрезерного станка модели 6А12П;

– рассчитывается уточненное значение скорости резания по формуле:

$$v_{ст.} = \frac{\pi D_{ф} n_{ст.}}{1000}, \quad (4.4)$$

где  $D_{ф}$  – диаметр фрезы;  $n_{ст.}$  – частота вращения фрезы для вертикально-фрезерного станка модели 6А12П;

– выбирают по таблице 4.7 ближайшее значение продольной подачи  $S_{ст.}$  вертикально-фрезерного станка модели 6А12П;

Таблица 4.6 – Ряд значений частот вращения шпинделя вертикально-фрезерного станка модели 6А12П, об/ мин

40	50	63	80	100	125	160	200	250
315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000

Таблица 4.7 – Ряд значений продольной подачи вертикально-фрезерного станка модели 6А12П, мм/ мин

20	25	31,5	40	50	63	80	100	125
160	200	250	315	400	500	630	800	1000

От правильности установки заготовки зависит, прежде всего, точность формы и расположения поверхностей обрабатываемых деталей. Устанавливаемая на фрезерном станке заготовка должна быть надёжно закреплена в определённом положении по отношению к фрезе. Универсальные приспособления (прихваты, угловые плиты, призмы, тиски и др.) применяют для непосредственного закрепления заготовки на столе фрезерного станка, что возможно, если она имеет опорную поверхность.

На рисунке 4.15 показаны прихваты различных типов, которые используются для закрепления непосредственно на столе станка заготовок сложной формы или больших размеров.

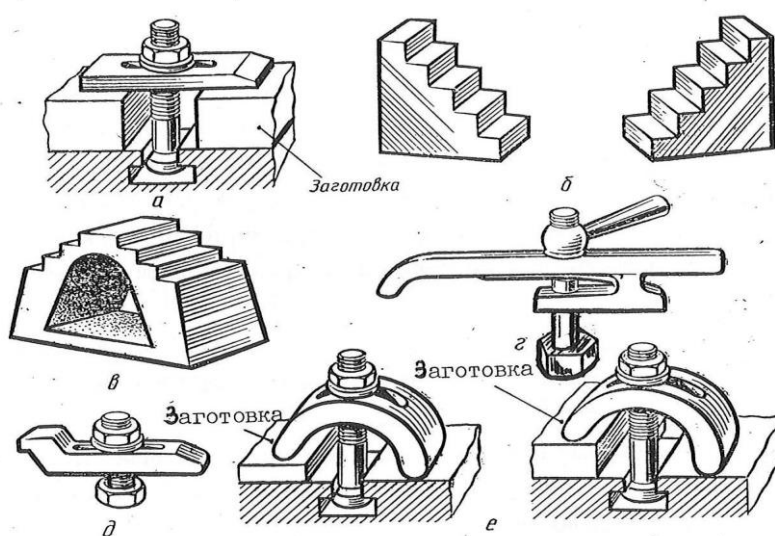


Рисунок 4.15 – Универсальные станочные приспособления – прихваты

### 4.2.3 Особенности проектирования операций механической обработки на сверлильных станках

Сверление – это процесс образования отверстий путём снятия стружки в сплошном материале с помощью режущего инструмента – сверла, а также их обработка зенкерами, развертками, метчиками, и другими режущими инструментами на станках сверлильной группы. Схема работы сверла заключается в сочетании вращательного (основного) движения инструмента с поступательным (вспомогательным) его перемещением при неподвижной заготовке. При сверлении глубоких отверстий ( $L \geq 5D$ ) данная схема резания может приводить к значительному отклонению оси сверла, следствием чего является смещение оси отверстия.

Сверлением выполняют сквозные и несквозные отверстия (рисунок 4.16, а), центровочные отверстия (рисунок 4.16, и) а также увеличение диаметра уже имеющегося в заготовке отверстия – рассверливание (рисунок 4.16, б). Зенкерование (рисунок 4.16, в) применяют как получистовую обработку при получении точного отверстия, а именно выравнивание отклонения его оси. Развёртывание (рисунок 4.16, г) – чистовая обработка цилиндрических отверстий. Получение точных конических отверстий осуществляется последовательной обработкой имеющегося цилиндрического отверстия коническим ступенчатым зенкером и доводкой конической разверткой со стружкоразделительными канавками, затем конической разверткой с глубокими режущими кромками (рисунок 4.16, м, н, о).

Для формообразования цилиндрических и конических углублений под головки болтов, винтов и заклёпок на сверлильных станках выполняется процесс зенкования зенковками различных конструкций, включая зенковки с направляющей частью, которая обеспечивает сносность основного отверстия и углубления (рисунок 4.16, д, е).

Цекование – процесс обработки торцовых поверхностей, которые служат опорными для головок гаек, винтов, болтов, и должны быть перпендикулярны оси резьбового отверстия, что обеспечивается наличием направляющей части цельной (рисунок 4.16, ж) и сборной цековок (рисунок 4.16, з).

Для получения резьбы в ранее просветленном отверстии применяется такой режущий инструмент как метчик (рисунок 4.16, к). В таблице 4.8 представлены значения сверл для получения отверстий под соответствующую метрическую резьбу.

Таблица 4.8 – Диаметры свёрл, рекомендуемые для сверления отверстий под нарезание метрической резьбы метчиком, мм

Резьба метрическая	M10	M12	M16	M18	M20	M24	M30	M42
Диаметр сверла, мм	8,4	10,1	13,8	15,3	17,3	20,9	26,4	37,4



Для получения сложных поверхностей предлагается использовать комбинированный инструмент. На рисунке 4.16, л показан комбинированный инструмент, состоящий из зенкера и зенковки.

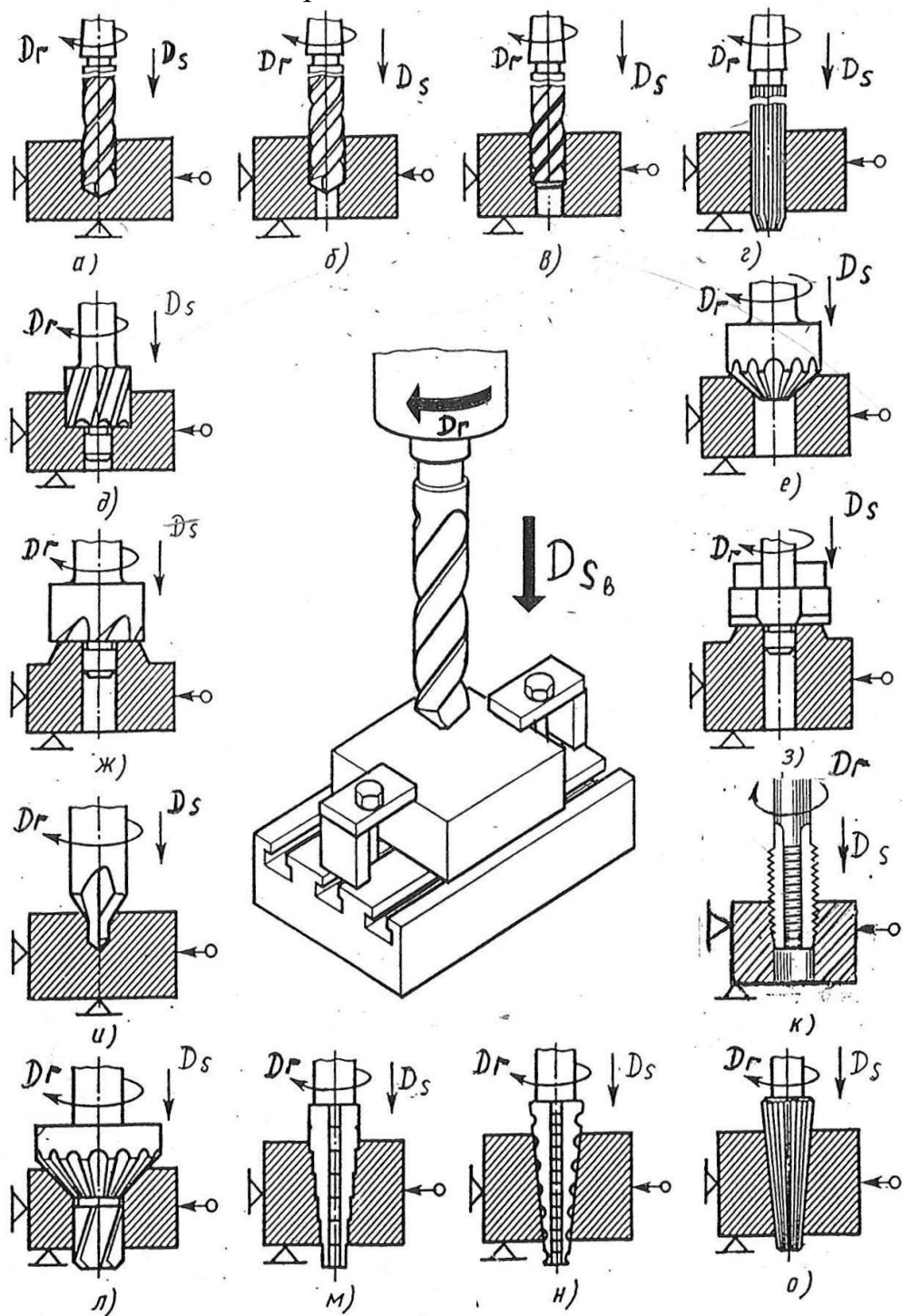


Рисунок 4.16 – Схемы работы на сверлильных станках:  
 а – сверление; б – рассверливание; в – зенкерование; г – развёртывание;  
 д, е – зенкование; ж, з – цекование; и – центровка отверстия;  
 к – нарезание резьбы; л – обработка комбинированным инструментом;  
 м, н, о – развертывание конического отверстия

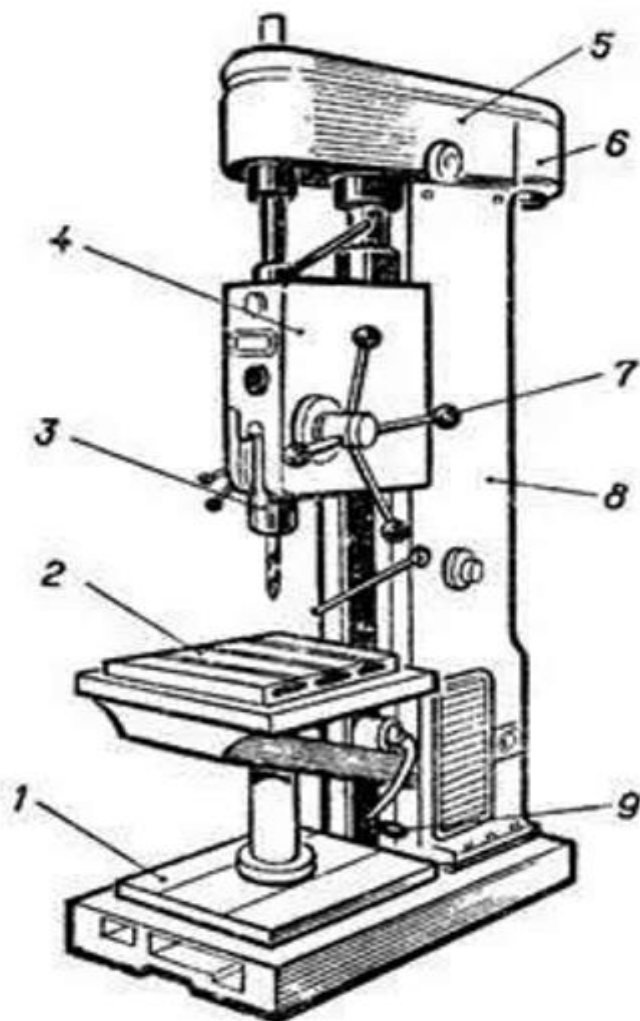


Рис. 4.17 – Вертикально-сверлильный станок 2А125:

- 1 – основание; 2 – стол; 3 – шпиндель; 4 – сверлильная головка; 5 – коробка скоростей; 6 – электродвигатель; 7 – коробка подач; 8 – колонна; 9 – рукоятка перемещения стола

Вертикально-сверлильный станок (рис. 4.17) состоит из колонны 8 – чугуновой отливки с вертикальными направляющими. По направляющим вручную перемещается сверлильная головка 4 со шпинделем 3. На основании 1 станка установлен стол 2, имеющий три Т-образных паза для закрепления заготовки или приспособления. Стол перемещается по направляющим вверх или вниз рукояткой 9.

Вращение от электродвигателя 6 через блоки зубчатых колёс коробки скоростей 5 передаётся коробке палач 7 и шпинделю 3. Частота вращения шпинделя и значение подачи устанавливаются рукоятками.

Механизм подачи шпинделя может обеспечиваться ручным или механическим переключением.

Элементы режимов резания для: а – сверления и б – рассверливания представлены на рисунке 4.18.

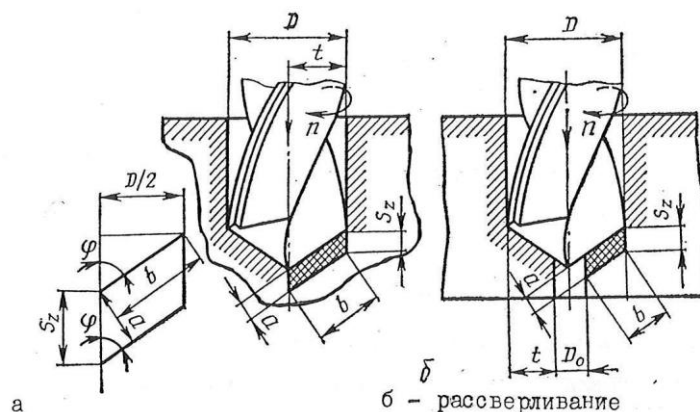


Рисунок 4.18 – Элементы режимов резания для:

а – сверление б – рассверливание:

$t$  – глубина резания;  $D_0$  – диаметр отверстия  $D$  – диаметр сверла;  
 $n$  – частота вращения сверла;  $a$  – толщина среза стружки;  $b$  – ширина среза стружки;  $\phi$  – половина угла при вершине сверла

Глубина резания при сверлении  $t$  (мм) равна половине диаметра о сверла, мм.

Глубина резания при рассверливании по формуле (4.5):

$$t = \frac{D_{\text{РАССВ}} - D}{2}, \quad (4.5)$$

где  $D_{\text{РАССВ}}$  – диаметр рассверливаемого отверстия, мм;  $D$  – диаметр сверла, мм;

Глубина резания при зенкерования:

$$\frac{D_{\text{ЗЕНК}} - D}{2},$$

где  $D_{\text{ЗЕНК}}$  – диаметр отверстия после зенкерования;  $D$  – диаметр отверстия после сверления, мм;

Глубина резания при развертывании:

$$\frac{D_{\text{РАЗВ}} - D_{\text{ЗЕНК}}}{2},$$

где  $D_{\text{РАЗВ}}$  – диаметр отверстия после его развертывания;  $D_{\text{ЗЕНК}}$  – диаметр отверстия после зенкерования;

Подачей при сверлении является перемещение сверла за один его оборот.

Величина подачи при сверлении зависит от диаметра сверла, материала режущей части, требований к качеству обрабатываемой поверхности и условий сверления. В среднем подача составляет от 0,01 до 0,03D, где  $D$  – диаметр сверла в мм. При зенкерования величина подачи приближённо принимается в пределах (0,03 ÷ 0,04)  $D$ , а при развёртывании в пределах (0,03 ÷ 0,06)  $D$ .

В таблице 4.9. приведены значение подач и скоростей резания при сверлении инструментом из быстрорежущей стали.

Таблица 4.9 – Значения подач и скоростей резания при сверлении сверлом из быстрорежущей стали

Диаметр сверла, мм	Сталь		Чугун	
	подача, мм/об	скорость резания, м/мин	подача, мм/об	скорость резания, м/мин
5–10	0,05–0,15	50–30	0,10–0,20	40–30
10–15	0,10–0,20	40–25	0,15–0,35	35–25
15–20	0,15–0,30	35–23	0,30–0,60	27–21
20–30	0,20–0,35	30–20	0,40–0,60	22–27
30–40	0,25–0,40	20–15	0,45–0,65	20–25

По таблице 4.10 выбирается ближайшее большее значение вертикальной подачи для шпинделя сверлильного станка модели 2А135, мм/об.

Таблица 4.10 – Ряд значений вертикальных подач шпинделя сверлильного станка модели 2А135, мм/об

0,11	0,15	0,20	0,25	0,32	0,43
0,57	0,72	0,96	1,22	1,60	-

Таблица 4.11 – Ряд значений частот вращения шпинделя сверлильного станка модели 2А 135 мин<sup>-1</sup>

68	100	140	195	275	400	530	750	1100
----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------

За скорость резания  $v$  (м/мин) при сверлении принимается окружная скорость сверла. На значение скорости резания влияют вид обрабатываемого металла, режимы резания, материал сверла, а также его конструкция и геометрические параметры режущей части.

Выбор режимов резания при сверлении осуществляется в следующей последовательности:

- определяется глубина резания;
- выбирается тип и диаметр сверла  $D$  в зависимости от размеров и формы обрабатываемой поверхности;
- по таблице 4.9 подбираются значения подачи  $S_z$  и скорости резания  $v$ ;
- рассчитывается частота вращения сверла по формуле  $n = 1000v/\pi D$  (об/мин или мин<sup>-1</sup>);
- по таблице 4.10 выбирается ближайшее значение частоты вращения сверла  $n_{ст.}$  для вертикально-сверлильного станка модели 2А135;
- уточняется значение скорости резания по формуле:

$$v_{ст.} = \frac{\pi D n_{ст.}}{1000}, \quad (4.8)$$

где  $D$  – диаметр сверла;  $n_{ст.}$  – частота вращения фрезы для вертикально-сверлильного станка модели 2А135;

– по таблице 4.7 выбирают ближайшее значение продольной подачи  $S_{ст.}$  вертикально-фрезерного станка модели 2А135.

Основным инструментом, употребляемым на станках сверлильной группы, являются сверла различных конструкций. На рисунке 4.19 представлен чертёж спирального сверла.

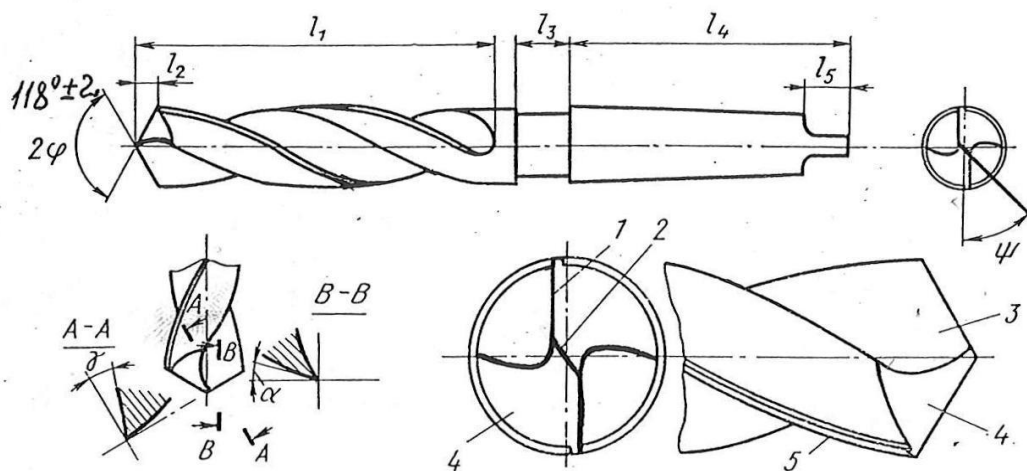


Рисунок 4.19 – Спиральное сверло:

$l_1$  – рабочая часть сверла;  $l_2$  – режущая часть;  $l_3$  – шейка;  $l_4$  – хвостовик;  $l_5$  – лапка; 1 – главная режущая кромка; 2 – поперечная режущая кромка; 3 – передняя поверхность; 4 – задняя поверхность; 5 – винтовая кромка направляющей ленточки;  $2\varphi$  – угол при вершине;  $\alpha$  – задний угол;  $\gamma$  – передний угол;  $\psi$  – угол наклона поперечной кромки

Центровочное сверло применяют для сверления центровочных отверстий, необходимых для реализации такой схемы базирования как обработка в центрах (рисунок 4.20, а).

Конструкция перового сверла (рисунок 4.20, б) представляет собой лопатку с режущими кромками на конце. Перовое сверло предназначено для сверления отверстий диаметром до 25 мм при обработке поковок, отливок, имеющих большую твердость.

Спиральное сверло с пластинкой из твердого сплава (рисунок 4.20, в) диаметром от 3 мм до 50 мм, с меньшей длиной рабочей части, большим диаметром сердцевины и уменьшенным углом наклона винтовой канавки, применяют для сверления отбелённого чугуна и других твердых материалов.

Пушечное сверло (рисунок 4.20, г) служит для глубокого сверления и представляет собой цилиндрический стержень из инструментальной стали круглого сечения, срезанный на половину диаметра. Сверло имеет главную режущую кромку, образованную между передней 1 и задней 2 поверхностями, располагающуюся под прямым углом к оси сверла и вспомогательную кромку, под углом  $10^\circ$  к этой оси. Процесс резания пушечным сверлом затруднен вследствие большого угла резания ( $90^\circ$ ), трудности подвода смазочно-охлаждающей жидкости в зону резания и отвода стружки из неё.

Ружейные сверла (рисунок 4.20, д) также используются для глубокого сверления, но для получения более точных отверстий небольшого диаметра до 20 мм. Ружейное сверло состоит из рабочей части и пустотелого хвостовика, который имеет форму трубки для подачи смазочно-охлаждающей жидкости под высоким давлением по внутреннему отверстию. Смазочно-охлаждающей жидкостью необходима для понижения температуры режущей кромки и вымывания стружки из зоны резания.

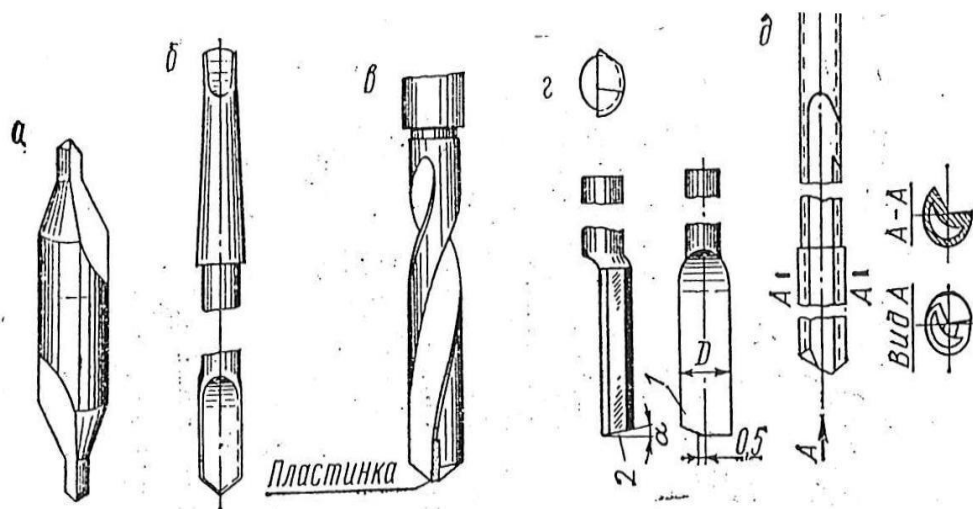


Рисунок 4.20 – Свёрла:

а – центровочное; б – перовое; в – спиральное с пластижкой из твердого сплава; г, д – для глубокого сверления

Зенкеры – многолезвийные режущие инструменты, используемые для получистовой обработки цилиндрических (рисунок 4.21, а) и конических отверстий, предварительно полученных сверлением, полученных в процессе литья заготовки или методами пластической деформации. Зенкеры увеличивают диаметр обрабатываемого отверстия, улучшают качество поверхности, выравнивают его ось и изготавливаются трехзубыми с коническим хвостовиком диаметром от 10 до 50 мм (рис. 4.21б), четырехзубыми насадными (рисунок 4.21, в) и сборными со вставными ножами из быстрорежущей стали или твёрдого сплава.

Зенковки – многолезвийные режущие инструменты, предназначенные для формообразования конических или цилиндрических углублений (рисунок 4.21, г, д) в отверстиях, например, под головки винтов, болтов, заклёпок. Зенковки имеют несколько рабочих лезвий, необходимых для снятия стружки в процессе резания. Различают конические, цилиндрические или торцовые зенковки.

Цековки – многолезвийные режущие инструменты, применяемые для обработки опорных поверхностей перпендикулярных оси отверстия под головки болтов, винтов или снятия фасок. Цековки выпускают прямые и обратные, использующиеся при отсутствии подхода, и состоят из режущей части и направляющей (рисунок 4.21, е).

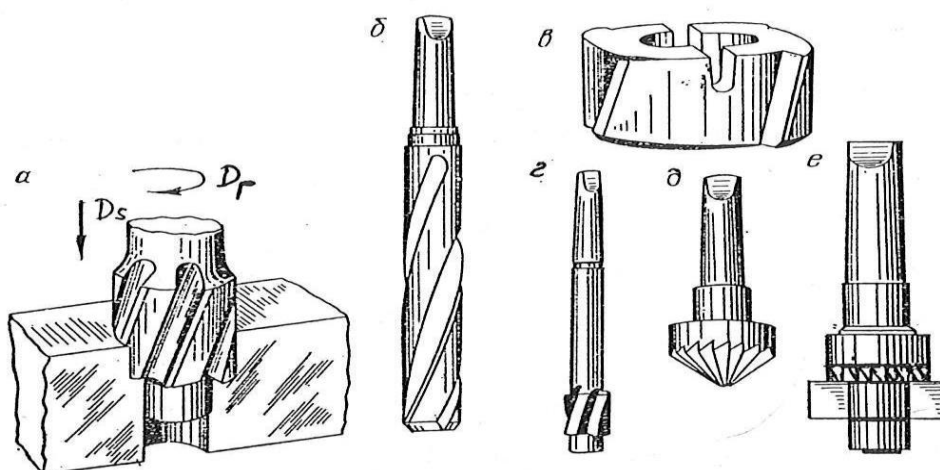


Рисунок 4.21 – Инструмент для работы на сверлильных станках:  
 а – резание при зенкерования; б – трехзубый зенкер; в – насадной зенкер;  
 г, д – зенковка; е – цековка

Развертки – многолезвийные режущие инструменты, используемые для чистовой обработки цилиндрических и конических отверстий для получения точности до 6–9 качества и шероховатости  $Ra \approx 0,32 \dots 1,25$  мкм после операций сверления, зенкерования, растачивания. Различаются развертки ручные или машинные (рисунок 4.22).

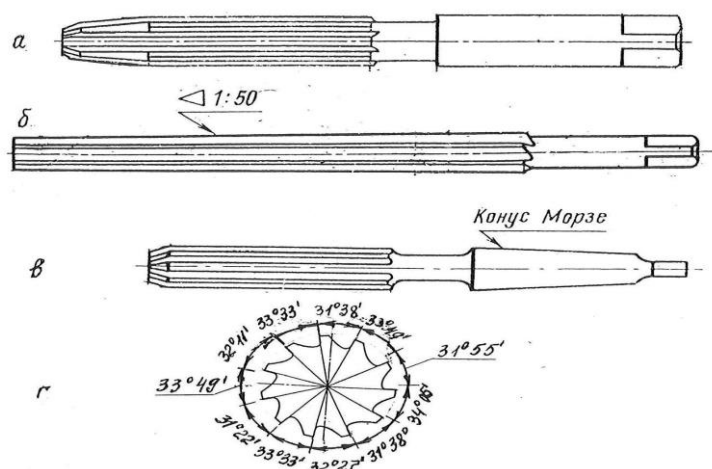


Рисунок 4.22 – Развёртки:  
 а – развёртка ручная цилиндрическая; б – развёртка ручная коническая;  
 в – развёртка машинная цилиндрическая; г – поперечное сечение ручной  
 цилиндрической развертки

Метчик – слесарный инструмент, предназначенный для нарезания резьбы внутри отверстия. В процессе работы метчик закрепляется в метчикодержатель-вороток с квадратными отверстиями, в одно из которых вставляется хвостовик инструмента.

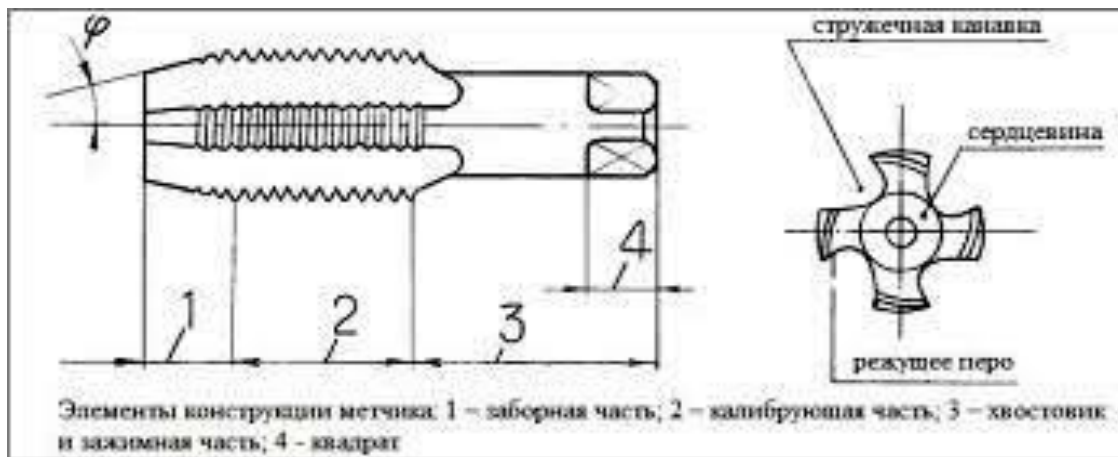


Рисунок 4.23 – Метчик:

1 – заборная часть; 2 – калиброванная часть;  
3 – хвостовик; 4 – квадрат

К приспособлениям, необходимым для крепления инструмента и заготовки на станках сверлильной группы, относятся переходные втулки, сверлильные патроны, тиски.

Режущий инструмент получает вращательное движение от шпинделя сверлильного станка. На рисунке 4.24, а показан разрез шпинделя с посадочным местом (коническим отверстием) для инструмента. Для закрепления инструмента с коническим хвостовиком, номер конуса Морзе, который совпадает с номером конуса шпинделя сверлильного станка, необходимость в использовании переходных втулок отпадает. Для извлечения инструмента после окончания процесса механической обработки используют клин, который вставляется в проём (окно) специально выполненный в шпинделе. Для закрепления инструмента, у которого размер (номер) конуса шпинделя больше конуса режущего инструмента используются переходные втулки (рисунок 4.24, б, в).

Втулки переходные – приспособления, предназначенные для крепления режущего инструмента с коническим хвостовиком Морзе (ГОСТ 13598 – 85).

Инструменты с цилиндрическим хвостовиком закрепляются в сверлильные патроны (рисунок 4.24, г).

Патроны сверлильные трехлапчатые с ключом для станков – предназначены для крепления инструмента в шпинделе станка (ГОСТ 8522 – 79).

Для сокращения вспомогательного времени применяют быстросменный патрон с ведущими шариками (рисунок 4.25), при работе с которым смена режущего инструмента производится без остановки шпинделя станка. Сменная втулка вместе с закреплённым в ней режущим инструментом вставляется в центральное отверстие корпуса 1 патрона и шарики 4 попадают в лунки втулки.



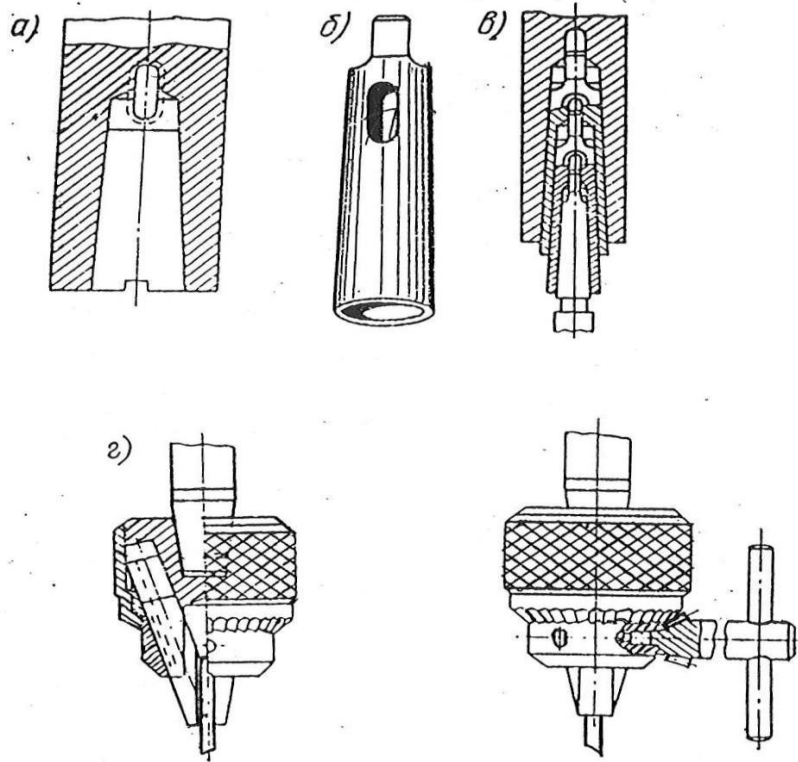


Рисунок 4.24 – Приспособления, применяемые на сверлильных станках:  
 а – разрез шпинделя станка; б – переходная втулка (конус Морзе);  
 в – разрез шпинделя станка с переходными втулками; г – сверлильный патрон

Для удержания шариков в лунках кольцо 2 опускают вниз. Смена режущего инструмента происходит при перемещении кольца вверх, после чего шарики в кольце изменяют своё положение, освобождая втулку с инструментом. Перемещение втулки вверх и вниз ограничивается пружинным кольцом 3.

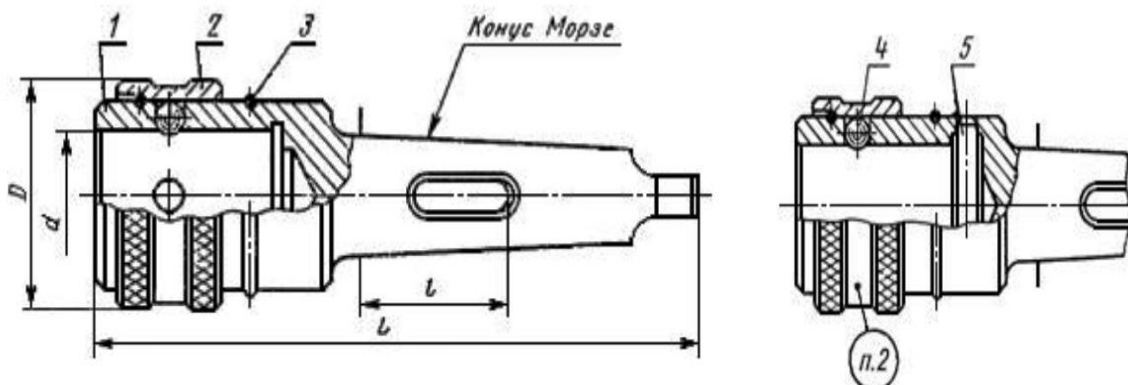


Рисунок 4.25 – Патрон быстросменный (ГОСТ14077 – 83):  
 1 – корпус; 2 – кольцо; 3 – пружинное кольцо; 4 – шарик;  
 5 – цилиндрический штифт

## 5. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К РАЗДЕЛУ «СВАРОЧНОЕ ПРОИЗВОДСТВО»

### Общие указания:

Разработку процесса дуговой сварки изделия (варианты задания № 1–12) начинать с указания типа соединения и формы разделки кромок.

Форма разделки кромок установлена ГОСТом, номер которого указывают на чертеже. Например: на рисунке заготовки задания указано АфС17 (ГОСТ 8713-79), что означает: Аф – автоматическая сварка под слоем флюса, на флюсовой подушке; С17 – условное обозначение шва сварного соединения. В этом же ГОСТе приведены поперечные сечения сварных швов с указанием геометрических размеров для заданных толщин металла.

Для выполнения сварного шва определяют режим сварки, обеспечивающий высокое качество и производительность.

При ручной дуговой сварке (варианты задания № 1–4) основные параметры режима сварки: диаметр электрода  $d_3$  (мм), сварочный ток  $I_{св}$  (А), напряжение на дуге  $U_d$  (В) и скорость сварки  $V_{св}$  (м/ч).

Определение режима начинают с выбора диаметра электрода, его типа и марки. Диаметр электрода выбирают в зависимости от толщины  $S$  (мм) свариваемого металла, а его тип и марку – от химического состава свариваемого металла.

Значение сварочного тока  $I_{св}$  (А) определяют по формуле (5.1):

$$I_{св} = k \cdot d_3 \quad (5.1)$$

где  $d_3$  – диаметр электрода, мм;  $k$  – коэффициент, равный при сварке низкоуглеродистой стали 40–50 А/мм, а при сварке высоколегированных сталей 35–40 А/мм.

Напряжение дуги  $U_d$  (В) в среднем составляет 25–28 В.

Скорость сварки  $V_{св}$  (м/ч) вычисляют по формуле (5.2):

$$V_{св} \text{ (м/ч)} = (\alpha_n \cdot I_{св}) / \gamma \cdot F_n \cdot 100 \quad (5.2)$$

где  $\alpha_n$  – коэффициент наплавки, изменяющийся в зависимости от марки электрода в пределах 7–14 г/А·ч;  $\gamma$  – плотность металла, г/см<sup>3</sup>;  $F_n$  – площадь поперечного сечения наплавленного металла шва (см<sup>2</sup>), представляющая сумму площадей элементарных геометрических фигур, составляющих сечение шва.

Массу наплавленного металла  $G_n$  (г) рассчитывают по формуле (5.3):

$$G_n = F_n \cdot L \cdot \gamma \quad (5.3)$$

где  $L$  – длина сварных швов на изделии, см.

Расход толстопокрывых электродов с учетом потерь приближенно можно принимать равным 1,6–1,8 от массы наплавленного металла

Время  $t_{св}$  изделия устанавливается по формуле (5.4):

$$t_{св} = G_H / \alpha_H \cdot I_{св} \quad (5.4)$$

Количество электроэнергии по формуле(5.5):

$$W = I_{св} \cdot U_d \cdot t_{св} \cdot 10^{-3} \quad (5.5)$$

При автоматической сварке под слоем флюса (варианты 5–8) в режим входят: диаметр электродной проволоки  $d_э$  (мм), сварочный ток  $I_{св}$  (А), напряжение на дуге (В), скорость подачи электродной проволоки  $V_{п.п}$  (м/ч) и скорость сварки  $V_{св}$  (м/ч). Они назначаются в зависимости от толщины свариваемого металла по справочнику (таблица 5.1).

Таблица 5.1 – Режимы автоматической односторонней сварки стыковых соединений на флюсовой подушке для низкоуглеродистых сталей

Толщина металла мм	$d_э$ , мм	$I_{св}$ , А	$U_d$ (В)		$V_{п.п}$ (м/ч)
			переменный ток	постоянный ток	
10	5	700-750	34-36	32-34	62
20		900-1000	40-44	36-40	92

При сварке аустенитных сталей типа 12Х18Н9Т в отличие от низкоуглеродистых сталей величину тока следует уменьшить на 10–30 %.

Марку электродной проволоки и флюса назначают в зависимости от химического состава свариваемого металла.

Далее определяют массу наплавленного металла  $G_H$  (г) и расход электродной проволоки с учетом потерь на угар и разбрызгивание, которые составляют для сварки под флюсом от 2 до 5 % от массы наплавленного металла.

Расход флюса принимают равным массе наплавленного металла. Коэффициент наплавки  $\alpha_H$  (Г/А-ч) выбирается в зависимости от  $I_{св}$  (А) и  $d_э$  (мм) и составляет 14–16 Г/А-ч.

$V_{св}$  (м/ч),  $t_{св}$  (ч) и  $W$  (кВт-ч) рассчитывают по той же методике, что и для дуговой сварки.

При сварке в среде защитных газов плавящимся электродом (варианты 9–12) основные параметры технологического процесса: сварочный ток  $I_{св}$  (А), напряжение на дуге  $U_d$  (В), скорость сварки  $V_{св}$  (м/ч), диаметр электродной проволоки  $d_э$  (мм), вылет электрода (мм), расход газа, род тока и полярность выбирают по справочнику (таблица 7). Марку электродной проволоки выбирают в зависимости от химического состава свариваемого материала и вида защитного газа. При сварке в углекислом газе для предупреждения образования пор рекомендуется применять электродную проволоку с повышенным содержанием раскислителей (Si и Mn).

Таблица 5.2 – Режимы полуавтоматической сварки стыковых швов в углекислом газе для низкоуглеродистых и нержавеющей сталей

Свариваемый материал	Толщина, мм	$d_3$ , мм	$I_{св}$ , А	$U_d$ (В)	Вылет электрода, мм	Расход газа л/мин	$V_{св}$ (м/ч)
Ст 3	1,2-2	0,8-10	70-100	18-20	8-15	10-12	18-24
		2,0	250-300	28-30	14-25	16-18	18-22
12Х18Н9Т	3	2	230-	24-28	15	12-15	12-15
	6	2	240	28-30	15	12-15	12-15
			250-260				

Затем устанавливают род и полярность тока.

Массу наплавленного металла  $G_H$  (кг), время  $I_{св}$  и скорость сварки  $V_{св}$  (м/ч) определяют по той же методике, что и при ручной дуговой сварке. Коэффициент  $\alpha_H$  (Г/А·ч) можно принять равным при сварке в углекислом газе 18–20 г/А·ч. При определении расхода электродной проволоки следует учитывать потери металла на угар и разбрызгивание, которые составляют 5–10 % от массы наплавленного металла. Расход защитного газа устанавливают по справочнику. Зная минутный расход защитного газа и время сварки, можно легко подсчитать общее количество газа, идущего на сварку изделия.

При контактной точечной сварке (варианты 13–16) тип машины выбирают в зависимости от толщины свариваемых заготовок (мм) и их химического состава. После выбора типа машины необходимо указать ее техническую характеристику. В режим точечной сварки входят: плотность тока  $j$  (А/мм<sup>2</sup>), давление  $p$  (Н/мм<sup>2</sup>), длительность протекания тока  $t_{св}$  (с). Для расчета основных технологических параметров при точечной сварке необходимо определить диаметр контактной поверхности электрода, который зависит от толщины свариваемых заготовок:  $d_T = 2S + 3$ , мм; где  $S$  – толщина более тонкой заготовки, мм. Затем рассчитываем и площадь контактной поверхности по формуле (5.6):

$$F_{эл} = \pi \cdot d_T^2 / 4 \quad \text{мм}^2 \quad (5.6)$$

Сварочный ток  $I_{св}$ , (А) и усилие  $P$  (Н), приложенное на электродах, для точечной сварки подсчитывают как произведение площади контактной поверхности  $F_{эл}$  (мм<sup>2</sup>) на плотность тока  $j$  (А/мм<sup>2</sup>) и давление  $p$  (Н/мм<sup>2</sup>) (5.7):

$$I_{св} = j \cdot F_{эл} \quad \text{и} \quad P = p \cdot F_{эл} \quad (5.7)$$

При этом необходимо учитывать, какие режимы наиболее целесообразно применять – жесткие или мягкие.

*Мягкие режимы* характеризуются большой продолжительностью времени сварки, плавным нагревом. Эти режимы применяются для сварки углеродистых

и низколегированных сталей и сталей, склонных к закалке. Диапазон значений параметров мягких режимов:  $j = 80\text{--}160 \text{ А/мм}^2$ ,  $p = 15\text{--}40 \text{ Н/м}^2$ ,  $t_{\text{св}} = 0,5\text{--}3 \text{ с}$ .

*Жесткие режимы* характеризуются уменьшением времени сварки, малой зоной термического влияния и повышенной производительностью. Эти режимы применяются в основном для сварки нержавеющей сталей типа 12Х18Н9Т, алюминия, меди и медных сплавов. Параметры жестких режимов:  $j = 160\text{--}360 \text{ А/мм}^2$ ,  $p = 40\text{--}150 \text{ Н/м}^2$ ,  $t_{\text{св}} = 0,001\text{--}0,01 \text{ с}$ . время сварки  $t_{\text{св}}$  (с) изделия определяется по формуле  $t_{\text{св}} = n \cdot t_i$  где  $n$  – число точек на изделии,  $t_i$  – время сварки одной точки, с.

При газовой сварке (варианты 17–20) прежде всего необходимо определить тип соединения и форму разделку кромок, указать, в зависимости от химического состава свариваемого металла, характер пламени. При сварке низкоуглеродистых и низколегированных сталей и меди используется нормальное пламя (5.8):

$$\beta = \text{O}_2 / \text{C}_2 \text{H}_2 = 1,1\text{--}1,2 \quad (5.8)$$

Затем устанавливается в зависимости от толщины свариваемого металла способ сварки: при толщине металла до 5 мм – левый, при большей толщине – правый.

Расход ацетилена (мощность пламени) определяют по формулам: при сварке низкоуглеродистых и низколегированных сталей

левым способом –

$$Q_A = (100\text{--}120) S, \text{ л/ч} \quad (5.9)$$

правым способом –

$$Q_A = (150\text{--}200) \cdot S, \text{ л/ч} \quad (5.10)$$

Расход кислорода  $Q_K$  (л/ч) рассчитывают по формуле (1). По мощности пламени устанавливают номер наконечника газовой горелки. Марку присадочной проволоки  $d$  (мм) рассчитывают по формулам:

при левом способе  $d = (S/2) + 1$ , при правом –  $d = S/2$ ,

где  $S$  – толщина металла, мм.

Массу наплавленного металла  $G_H$  (г) подсчитывают по той же методике, что и для ручной дуговой сварки. Расход присадочной проволоки  $G_{\text{пр}}$  (г) с учетом потерь металла на угар и разбрызгивание определяют по формуле (5.11):

$$G_{\text{пр}} = 1,15 G_H \quad (5.11)$$

Для приближенных расчетов можно пользоваться следующими формулами: расход ацетилена  $Q_A = 8 S$ , л/м шва; расход кислорода  $Q_K = 9,5S$ , л/м шва; расход проволоки  $G_{\text{пр}} = 10S$  г/м шва.

Время сварки  $t_{\text{св}} = k \cdot S \cdot L$ , мин, где  $k$  – коэффициент, зависящий от типа сварного соединения, вида шва и свариваемого металла, мм;  $L$ , м.

При сварке стыковых соединений из низкоуглеродистых и низколегированных сталей левым способом  $k = 5$ , правым –  $k = 4$ , при сварке стыковых соединений из меди левым способом  $k = 4$ , правым –  $k = 3,5$ .

## 6. ОРГАНИЗАЦИЯ ЗАЩИТЫ КУРСОВОЙ РАБОТ

Курсовая работа является формой самостоятельной работы студента, выполняемой под руководством преподавателя. Во время работы студент должен продемонстрировать умение самостоятельно решать технические задачи, работать со специальной и научной литературой. Инициатива при решении поставленной задачи должна принадлежать студенту, а руководитель лишь одобряет или отклоняет предложенные студентом решения.

К защите допускается обучающийся успешно завершивший в полном объеме освоение дисциплины «Технология конструкционных материалов», выполнивший лабораторные, практические работы и сдавший зачет по практикуму.

На защиту представляются следующие материалы:

- оригинал курсовой работы, подписанной преподавателем;
- зачетная книжка защищающего курсовую работу.

В ходе защиты курсовой работы студент должен, пользуясь принятой технической терминологией, четко сформулировать поставленную перед ним задачу, обосновать метод ее решения, пояснить особенности выбранных технологических процессов изготовления деталей, их механической обработки изделия для достижения заданных характеристик, сделать выводы.

## 7. СИСТЕМА ОЦЕНОК И КРИТЕРИИ ВЫСТАВЛЕНИЯ ОЦЕНКИ

Система оценок	2	3	4	5
	0–40 %	41–60 %	61–80 %	81–100 %
Критерий	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«отлично»
	«не зачтено»	«зачтено»		
<b>1. Системность и полнота знаний в отношении изучаемых объектов</b>	Обладает частичными и разрозненными знаниями, которые не может научно-корректно связывать между собой (только некоторые из которых может связывать между	Обладает минимальным набором знаний, необходимым для системного взгляда на изучаемый объект	Обладает набором знаний, достаточным для системного взгляда на изучаемый объект	Обладает полнотой знаний и системным взглядом на изучаемый объект

Система оценок	2	3	4	5
	0–40 %	41–60 %	61–80 %	81–100 %
	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«отлично»
	«не зачтено»	«зачтено»		
Критерий				
	собой)			
<b>2. Работа с информацией</b>	Не в состоянии находить необходимую информацию, либо в состоянии находить отдельные фрагменты информации в рамках поставленной задачи	Может найти необходимую информацию в рамках поставленной задачи	Может найти, интерпретировать и систематизировать необходимую информацию в рамках поставленной задачи	Может найти, систематизировать необходимую информацию, а также выявить новые, дополнительные источники информации в рамках поставленной задачи
<b>3. Научное осмысление изучаемого явления, процесса, объекта</b>	Не может делать научно-корректных выводов из имеющихся у него сведений, в состоянии проанализировать только некоторые из имеющихся у него сведений	В состоянии осуществлять научно-корректный анализ предоставленной информации	В состоянии осуществлять систематический и научно-корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные задачи данные	В состоянии осуществлять систематический и научно-корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные поставленной задаче данные, предлагает новые ракурсы поставленной задачи
<b>4. Освоение стандартных алгоритмов решения профессиональных задач</b>	В состоянии решать только фрагменты поставленной задачи в соответствии с заданным алгоритмом, не освоил предложенный алгоритм, допускает ошибки	В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом	В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом, понимает основы предложенного алгоритма	Не только владеет алгоритмом и понимает его основы, но и предлагает новые решения в рамках поставленной задачи

## 8. СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Материаловедение и технология металлов: учебник для вузов / Г. П. Фетисов, М. Г. Карпман, В. М. Матюнин [и др.]. – Москва: Высшая школа, 2000. – 630 с.
2. Материаловедение в машиностроении: учебник для бакалавров / А. М. Адашкин, Ю. Е. Седов, А.К. Онегина, В. Н. Климов. – Москва: Изд-во «Юрайт», 2012. – 535 с.
3. Солнцев, Ю. П. Материаловедение: учебник для вузов / Ю. П. Солнцев, Е.И. Зряхин. – Санкт-Петербург: ХИМИЗДАТ, 2004. – 736 с.
4. Термическая обработка стальных деталей машин, инструментов и отливок: курсовая работа по металлографии и термической обработки / Н. П. Морозов, В. В. Уваров, В. С. Уварова; Самар. Гос. аэрокосм. Ун-т.– Самара, 1995. – 132 с.
5. Гуляев, А. П. Металловедение / А. П. Гуляев. – Москва: Металлургия, 1978. – 647 с.
6. Лахтин, Ю. М. Металловедение / Ю. М. Лахтин, В. П. Леонтьева. – Москва: Машиностроение, 1990. – 528 с.
7. Материаловедение / Б. Н. Арзамасов [и др.]. – Москва: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2001 – 646 с.
8. Колесов, С. Н. Материаловедение и технология конструкционных материалов: учебник для вузов / С. Н. Колесов, И. С. Колесов. – Москва: Высшая школы, 2004. – 519 с.
9. Геллер Ю. А. Инструментальные стали / Ю. А. Геллер. – Москва: Металлургия, 1983. – 526 с.
10. Геллер, Ю. А. Материаловедение: учеб. пособие / Ю. А. Геллер, А. Г. Рахштадт. – Москва: Металлургия, 1989. – 455 с.
11. Технология конструкционных материалов: учебник /А. М. Дальский, Т. М. Барсукова, Л. Н. Бухарин [и др.]; под ред. А. М. Дальского. – Москва: Машиностроение, 2004. – 512 с.
12. Арзамасов, Б. Н. Конструкционные материалы. Справочник / Б. Н. Арзамасов [и др.]. – Москва: Машиностроение, 1990. – 687 с.
13. Справочник технолога машиностроителя / под ред. А. Г. Косиловой, Р. К Мещерякова в 2-х т. – Москва: Машиностроение, 1985. – Т. 1. – 656 с.
14. Справочник технолога машиностроителя / под ред. А. Г. Косиловой, Р. К Мещерякова в 2-х т. – Москва: Машиностроение, 1985. – Т. 2. – 496 с
15. Справочник сварщика / В. В. Степанов [и др.]; издание 4-е. – Москва: Машиностроение, 1983. – 560 с.
16. Технология конструкционных материалов и технологические процессы в машиностроении: методические указания по выполнению лабораторных работ по литейному производству и обработке давлением для студентов высших учебных заведений технических специальностей и направлений / А. Г. Громыко, Е. Н. Евсина, И. А. Соколова. – Калининград: Изд-во КГТУ, 1998. – 130 с.



17. Технология литейного производства [Электронный ресурс]: учебник / Ю. И. Категоренко [и др.]; под ред Ю. И. Категоренко, В. М. Миляева. – Екатеринбург: Изд-во Рос. гос. проф.-пед. ун-та, 2018. – 684 с. Режим доступа: <http://elar.rsvpu.ru/handle/978-5-8050-0641-9>

18. Энциклопедия по машиностроению XXL, Оборудование, материаловедение, механика [Электронный ресурс]: Режим доступа: <http://mash-xxl.info>

## ПРИЛОЖЕНИЯ

### Приложение А

#### Перечень нормативной документации

ГОСТ 370–93 Станки вертикально-сверлильные. Основные размеры. Нормы точности и жесткости.

ГОСТ 1672–2016 Развертки машинные цельные. Типы и размеры.

ГОСТ 26645–85 Отливки из серого чугуна. Допускаемые отклонения по размерам и весу и припуски на механическую обработку.

ГОСТ 2009–55 Отливки стальные фасонные. Допускаемые отклонения по размерам и весу и припуски на механическую обработку.

ГОСТ 26645–85 Поковки из углеродистой и легированной стали, изготавливаемые ковкой на молотах. Припуски и допуски.

ГОСТ 2287–88 Гребёнки резбонарезные плоские. Технические условия

ГОСТ 2679–2014 Фрезы прорезные и отрезные. Технические условия.

ГОСТ 3212–92 Комплекты модельные. Уклоны формовочные, стержневые знаки, допуски размеров.

ГОСТ 3231–71 Зенкеры, оснащенные твердосплавными пластинами. Конструкция и размеры.

ГОСТ 3266–81 Метчики машинные и ручные. Конструкция и размеры.

ГОСТ 3964–69 Фрезы дисковые пазовые. Основные размеры.

ГОСТ 4735–69 Прихваты передвижные. Конструкция.

ГОСТ 7722–77 Развертки ручные цилиндрические. Конструкция и размеры.

ГОСТ 8522–79 Патроны сверлильные трехкулачковые с ключом. Основные размеры.

ГОСТ 8615–89 Головки делительные универсальные. Общие технические условия

ГОСТ 8742–75 Центры станочные вращающиеся. Типы и основные размеры.

ГОСТ 9304–69 Фрезы торцевые насадные. Типы и основные размеры.

ГОСТ 9324–80 Фрезы червячные чистовые однозаходные для цилиндрических зубчатых колес с эвольвентным зацеплением. Технические условия.

ГОСТ 10902–77 Сверла спиральные с цилиндрическим хвостовиком. Средняя серия. Основные размеры.

ГОСТ 10903–77 Сверла спиральные с коническим хвостовиком. Основные размеры.

ГОСТ 10996–64 Фрезы дисковые зуборезные модульные. Технические условия.

ГОСТ 12489–71 Зенкеры цельные. Конструкция и размеры.

ГОСТ 13214–79 Центры и полуцентры упорные. Конструкция.

ГОСТ 13598–85 Втулки переходные для крепления инструмента с коническим хвостовиком. Конструкция и размеры.

ГОСТ 14952–75 Сверла центровочные комбинированные. Технические условия.

ГОСТ 14953–80 Зенковки конические. Технические условия.

ГОСТ 17025–71 Фрезы концевые с цилиндрическим хвостовиком. Конструкция и размеры.

ГОСТ 17026–71 Фрезы концевые с коническим хвостовиком. Конструкция и размеры.

ГОСТ 1809–93 Станки токарно-винторезные и токарные. Основные размеры. Нормы точности.

ГОСТ 18169–86. Процессы технологические литейного производства. Термины и определения

ГОСТ 18877–73 Резцы токарные проходные отогнутые с пластинками из твердого сплава. Конструкция и размеры.

ГОСТ 18878–73 Резцы токарные проходные прямые с пластинками из твердого сплава. Конструкция и размеры.

ГОСТ 18879–73 Резцы токарные проходные упорные с пластинками из твердого сплава. Конструкция и размеры.

ГОСТ 18880–73 Резцы токарные подрезные отогнутые с пластинками из твердого сплава. Конструкция и размеры.

ГОСТ 18882–73 Резцы токарные расточные с пластинками из твердого сплава для обработки сквозных отверстий. Конструкция и размеры.

ГОСТ 18883–73 Резцы токарные расточные с пластинками из твердого сплава. Конструкция и размеры.

ГОСТ 18884–73 Резцы токарные отрезные с пластинками из твердого сплава. Конструкция и размеры.

ГОСТ 21581–76 Зенкеры с коническим хвостовиком для обработки деталей из легких сплавов. Конструкция и размеры.

ГОСТ 24359–80 Фрезы торцевые насадные со вставными ножами, оснащенными пластинками их твердого сплава. Конструкция и размеры.

ГОСТ 25751–83 Инструменты режущие. Термины и определения общих понятий.

ГОСТ 25762–83 Обработка резанием. Термины, определения и обозначения общих понятий.

ГОСТ 26258–87 Цековки цилиндрические для обработки опорных поверхностей под крепёжные детали. Технические условия.

ГОСТ 29092–91 Фрезы цилиндрические. Технические условия.

ГОСТ Р 53464-2009 Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку.

ГОСТ 2.423–73 Правила выполнения чертежей литейной формы и отливки.

ГОСТ 8713–79 Сварка под флюсом. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры.

ГОСТ 2246–70 Проволока стальная сварочная. Технические условия.

Варианты заданий для раздела «Литейное производство» и «Обработка резанием»

Перв. примен.	Вариант 1			$\sqrt{Ra 10,0 (\checkmark)}$																																										
Справ. №				$\sqrt{Ra 6,3}$																																										
Взам. инв. №	Инв. № дудл.	Подп. и дата	3 отв. M16			$\sqrt{Ra 50}$																																								
Подп. и дата	Вариант 1			<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%; text-align: center;">Изм.</td> <td style="width: 15%; text-align: center;">Лист</td> <td style="width: 15%; text-align: center;">№ докум.</td> <td style="width: 15%; text-align: center;">Подп.</td> <td style="width: 15%; text-align: center;">Дата</td> <td style="width: 15%; text-align: center;">Лит.</td> <td style="width: 15%; text-align: center;">Масса</td> <td style="width: 15%; text-align: center;">Масштаб</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Разраб.</td> <td style="text-align: center;">Усынин В.Ф.</td> <td style="text-align: center;">Шербаков В.И.</td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">у</td> <td style="text-align: center;">10</td> <td style="text-align: center;">1:1</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Т.контр.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">Лист</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">Листов 1</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Н.контр.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td colspan="3" style="text-align: center;">КГТУ</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Утв.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td colspan="3" style="text-align: center;">каф. АМС</td> </tr> </table>			Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит.	Масса	Масштаб	Разраб.	Усынин В.Ф.	Шербаков В.И.			у	10	1:1	Т.контр.					Лист	Листов 1		Н.контр.					КГТУ			Утв.					каф. АМС		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит.	Масса	Масштаб																																							
Разраб.	Усынин В.Ф.	Шербаков В.И.			у	10	1:1																																							
Т.контр.					Лист	Листов 1																																								
Н.контр.					КГТУ																																									
Утв.					каф. АМС																																									
Инв. № подл.	Штурвальная гайка			СЧ 15 ГОСТ 14.12-85			Формат А4																																							
	Копировал			Копировал			Формат А4																																							



Вариант 3

Лист. примен.

Справ. №

Подп. и дата

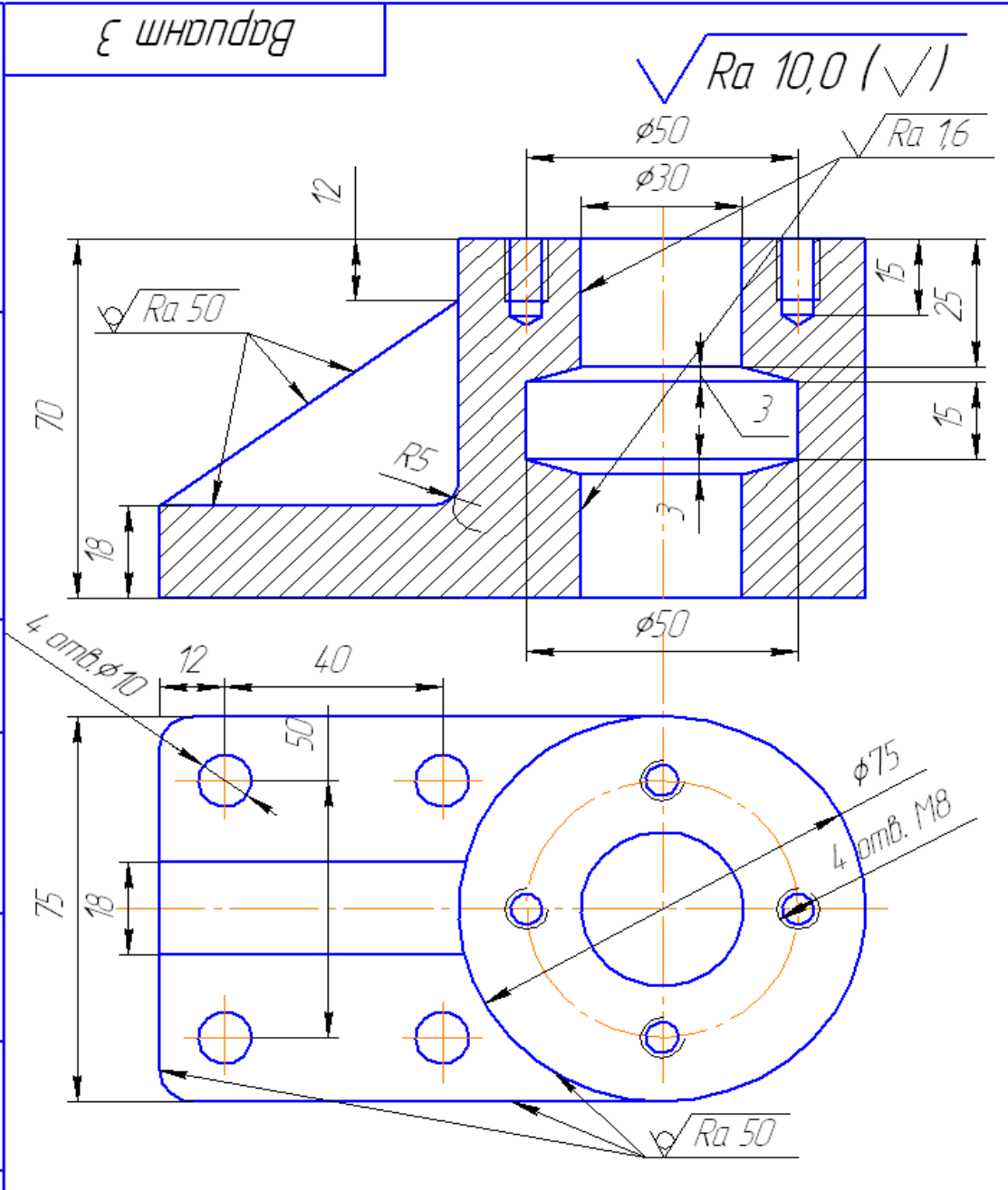
Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Утв.



Вариант 3

Корпус

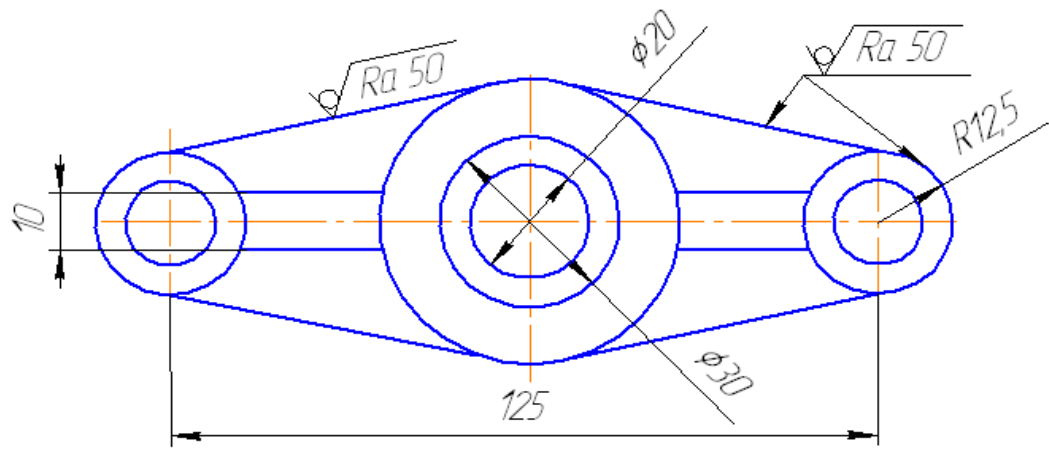
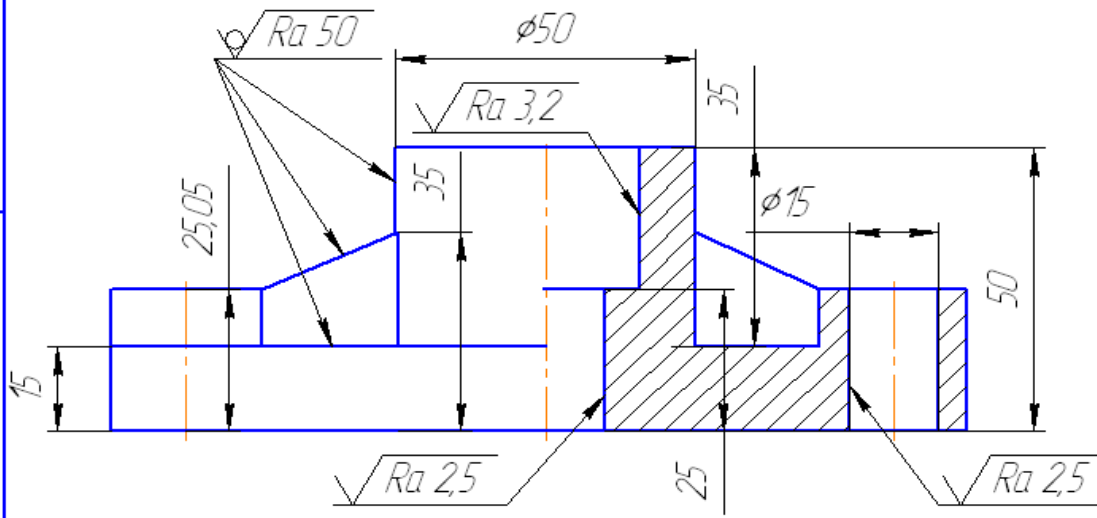
СЧ 15 ГОСТ1412-85

Копировал

Лит.	Масса	Масштаб
у	5,8	1:1
Лист	Листов 1	
КГТУ каф АМС		
Формат А4		

7 ШИПОВОЙ

$\sqrt{Ra 10,0 (\checkmark)}$



Лист	№ док.	Подп.	Дата
Изм.	Лист	№ док.	Подп.
Разраб.	Усынин В.Ф.		
Пров.	Шербаков В.И.		
Т.контр.			
И.контр.			
Утв.			

Вариант 4

Серьга

СЧ 15 ГОСТ 14.12-85

Лит.	Масса	Масштаб
у	3,3	1:1
Лист	Листов 1	
КГТУ		
каф. АМС		
Формат А4		

Копировал

Вариант 5

Перв. примен.

Справ. №

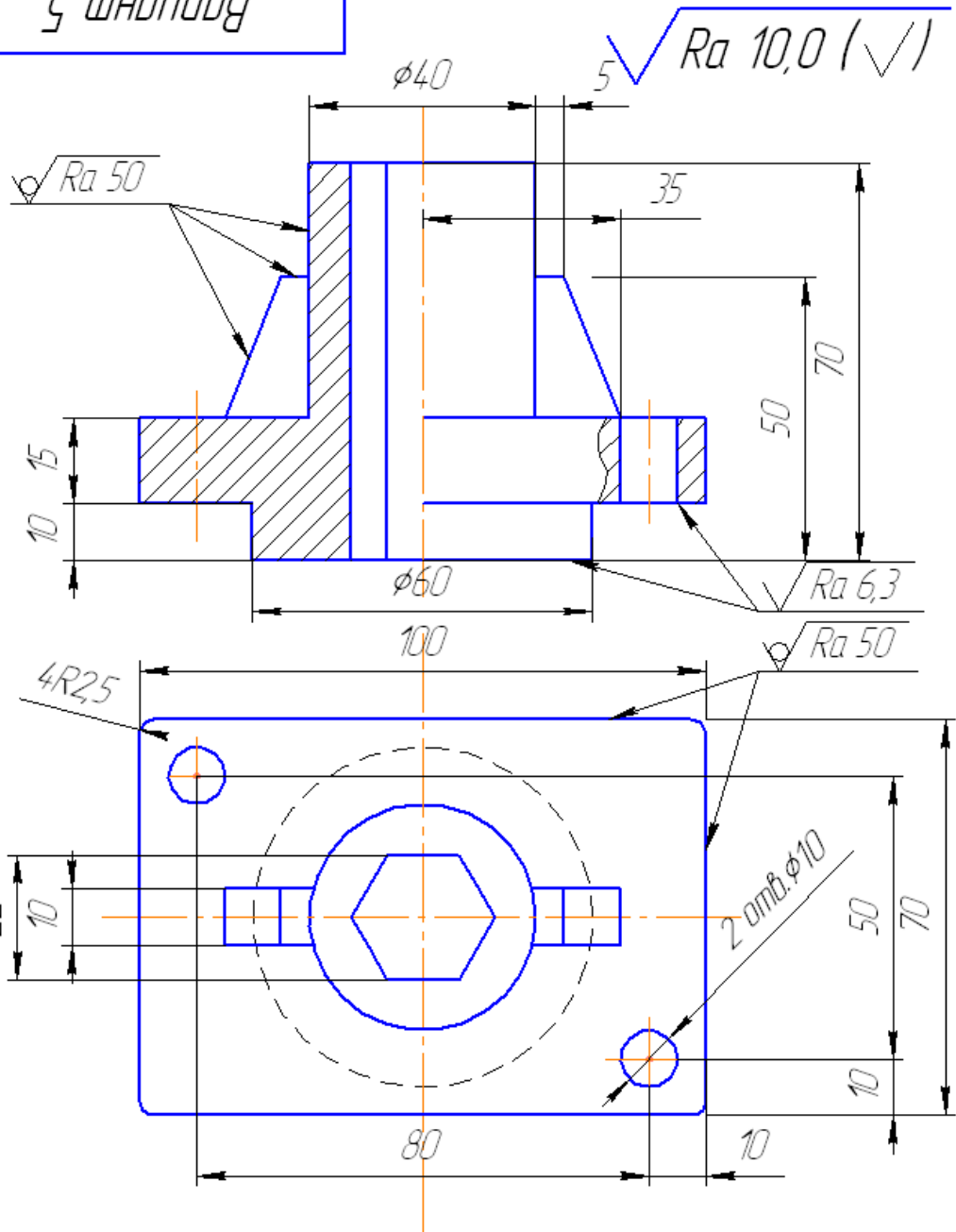
Подп. и дата

Инд. № дубл.

Взам. инд. №

Подп. и дата

Инд. № подл.



Вариант 5

Стойка

СЧ 15 ГОСТ 1412-85

Копировал

Лист	Масса	Масштаб
у	4,5	1:1
Лист	Листов	1

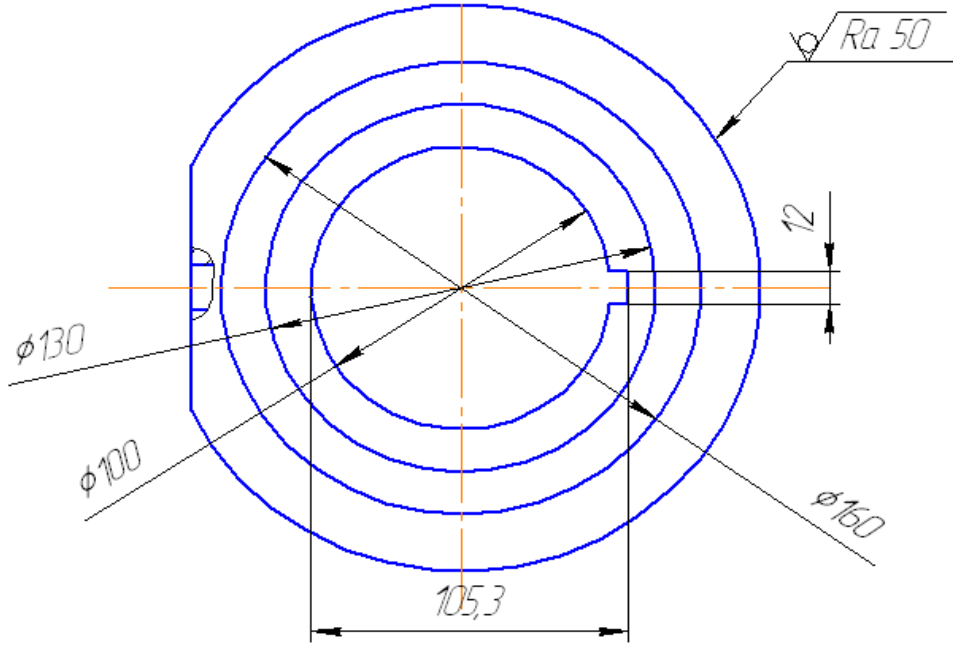
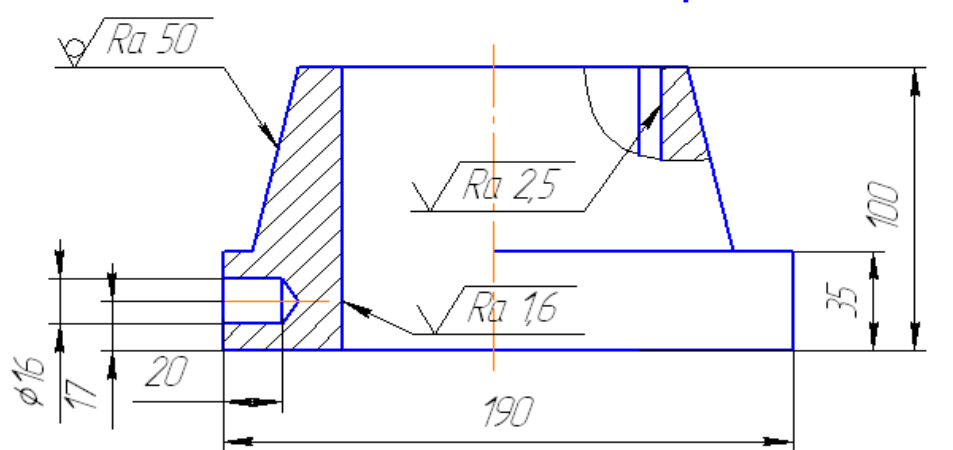
КГТУ  
каф. АМС  
Формат А4



Вариант 6

$\sqrt{Ra\ 10,0}$  ( $\checkmark$ )

Лист. примеч.  
Справ. №



Подп. и дата  
Инд. № изд.  
Взам. инв. №  
Подп. и дата  
Инд. № подл.

Вариант 6

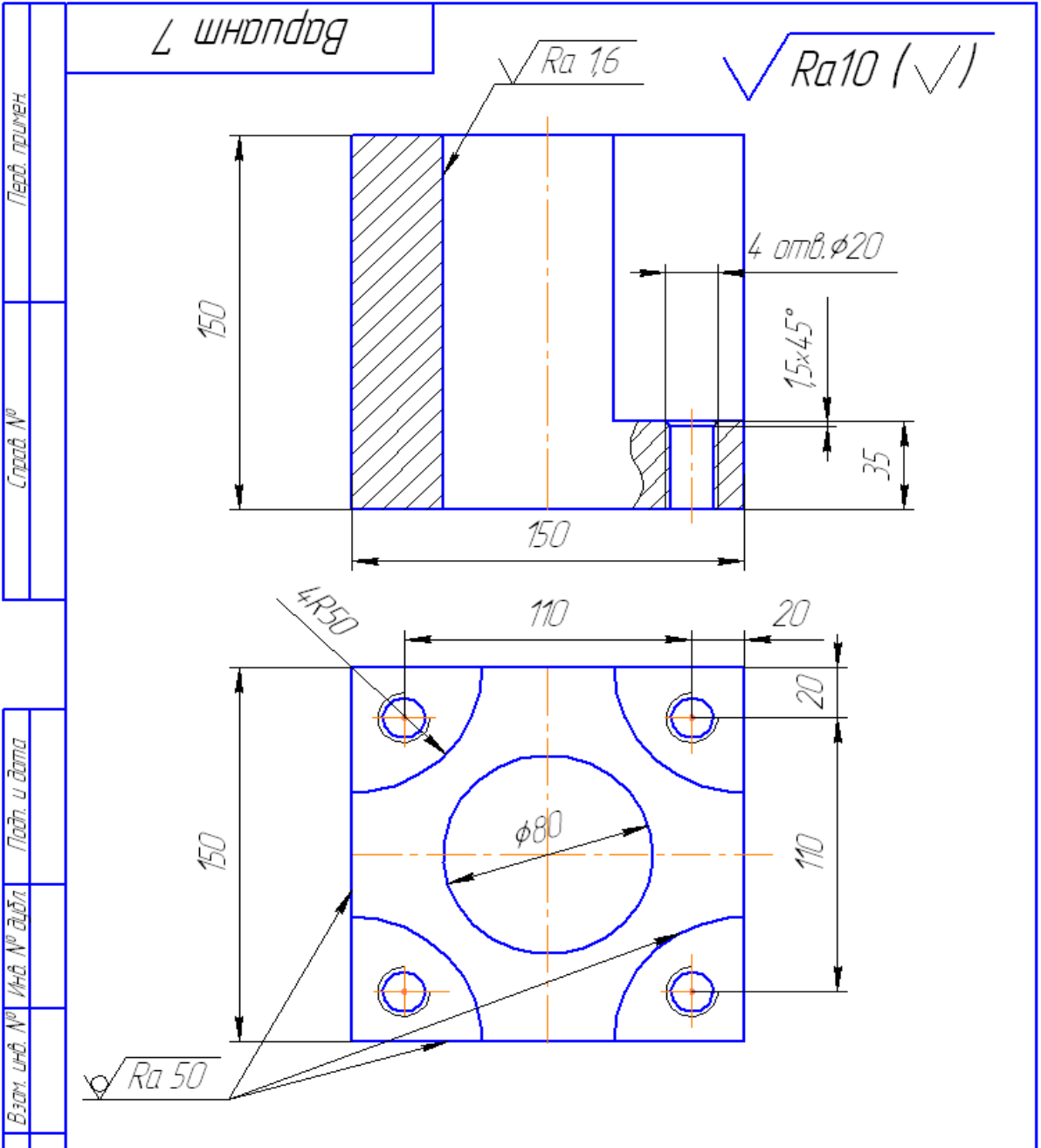
Втулка

СЧ 15 ГОСТ 1412-85

Лист	Масса	Масштаб
1	9,5	1:2
Лист		Листов 1

КГТУ  
каф. АМС  
Формат А4

Копировал

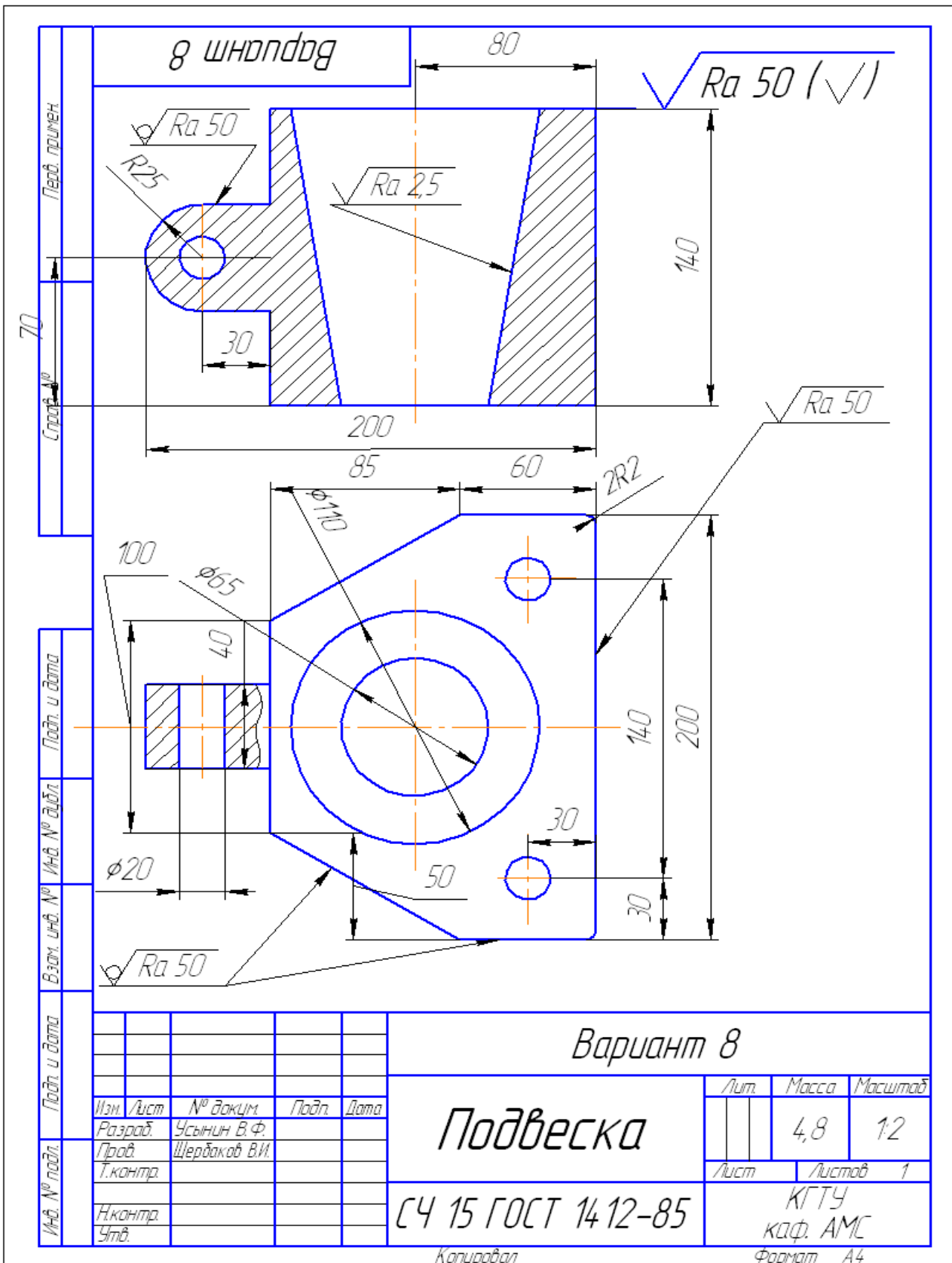


				Вариант 7						
Инв. № подл.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит.	Масса	Масштаб			
						3,8	1:2			
					Лист	Листов 1				
					СЧ 15 ГОСТ 1412-85			КГТУ каф. АМС		
					Копировал			Формат А4		

Пред. примен.  
 Справ. №  
 Подп. и дата  
 Взам. инв. № / Инв. № дубл.  
 Подп. и дата  
 Инв. № подл.

Вариант 7

Стакан



Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Лист	Масса	Масштаб
					Разраб.	Усынин В.Ф.				
					Проб.	Шербаков В.И.		Лист	Листов	1
					Т.контр.					
					Н.контр.					
					Утв.					

**Вариант 8**

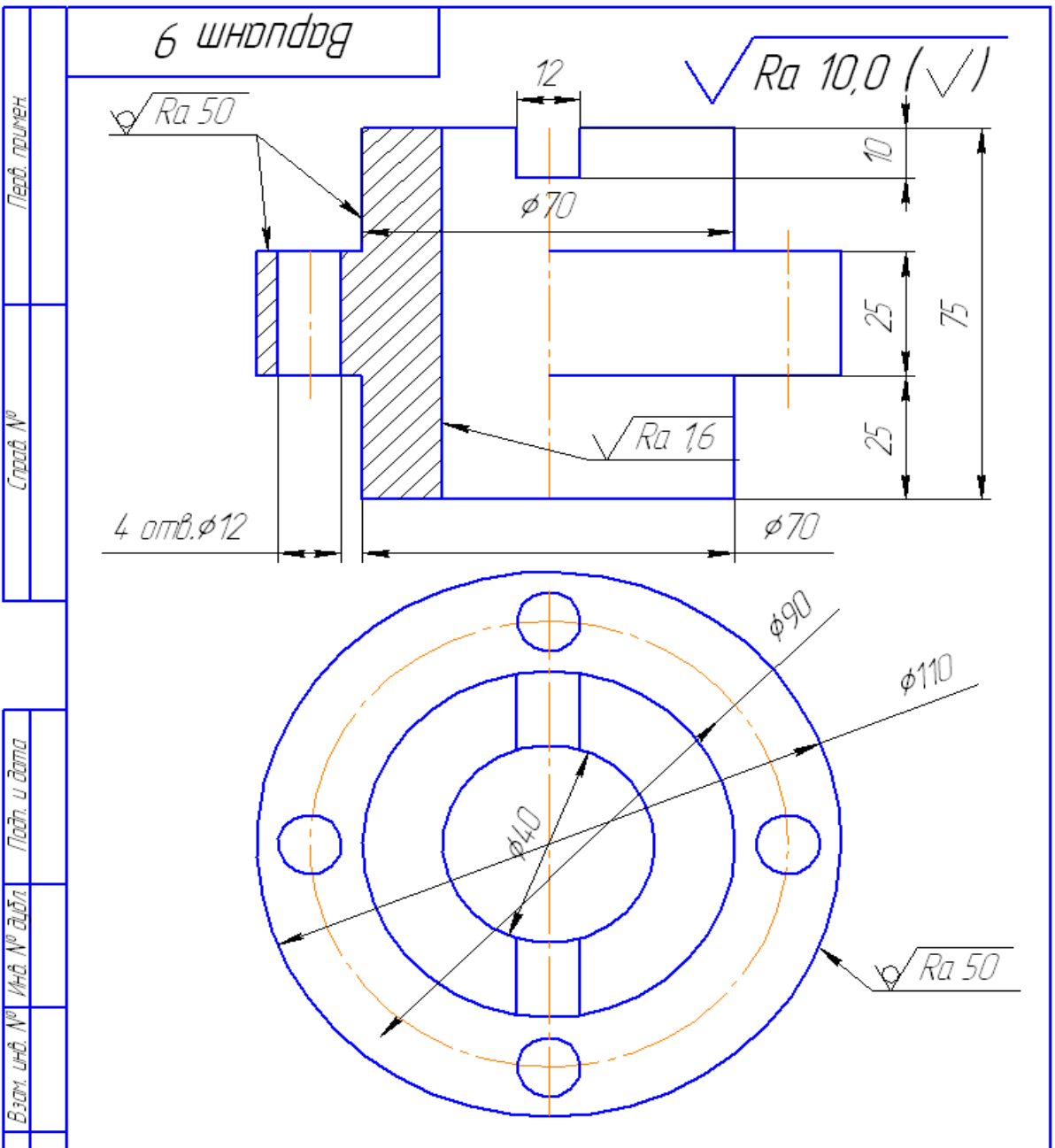
**Подвеска**

**СЧ 15 ГОСТ 14.12-85**

Лист	Масса	Масштаб
	4,8	1:2
Лист	Листов 1	

КГТУ  
каф. АМС  
Формат А4

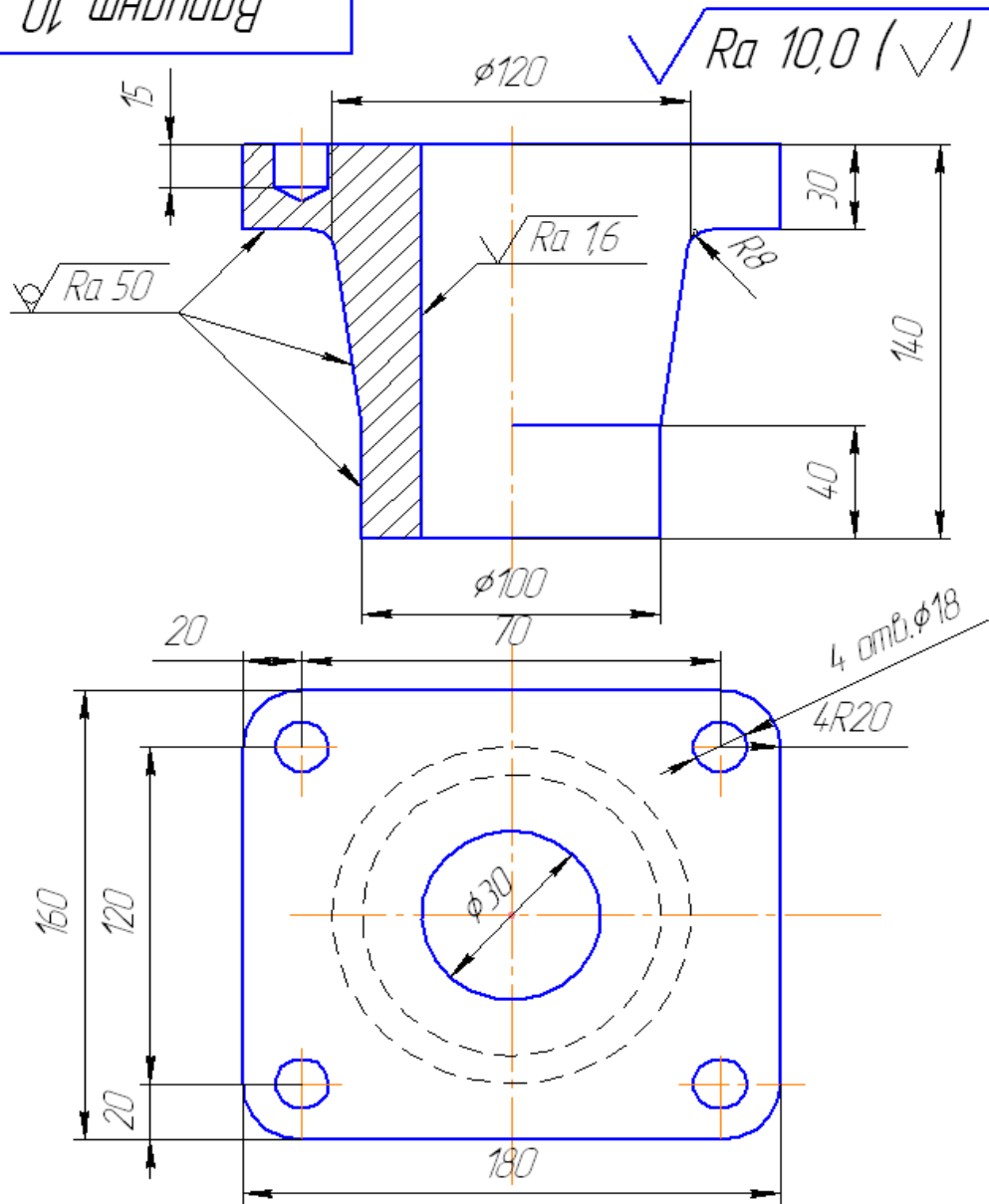
Копировал



Подп. и дата				Вариант 9			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.		Усынин В.Ф.			у	1,8	1:1
Проб.		Щербаков В.И.			Лист	Листов	1
Т.контр.					КГТУ каф. АМС		
И.контр.					СЧ 15 ГОСТ 14.12-85		
Утв.					Формат А4		

Копировал

Вариант 10



Лист, примеч.  
Справ. №  
Подп. и дата  
Инв. № дробл.  
Взам. инв. №  
Подп. и дата  
Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Усынин В.Ф.		
Проб.		Щербаков В.И.		
Т.контр.				
Н.контр.				
Утв.				

Вариант 10

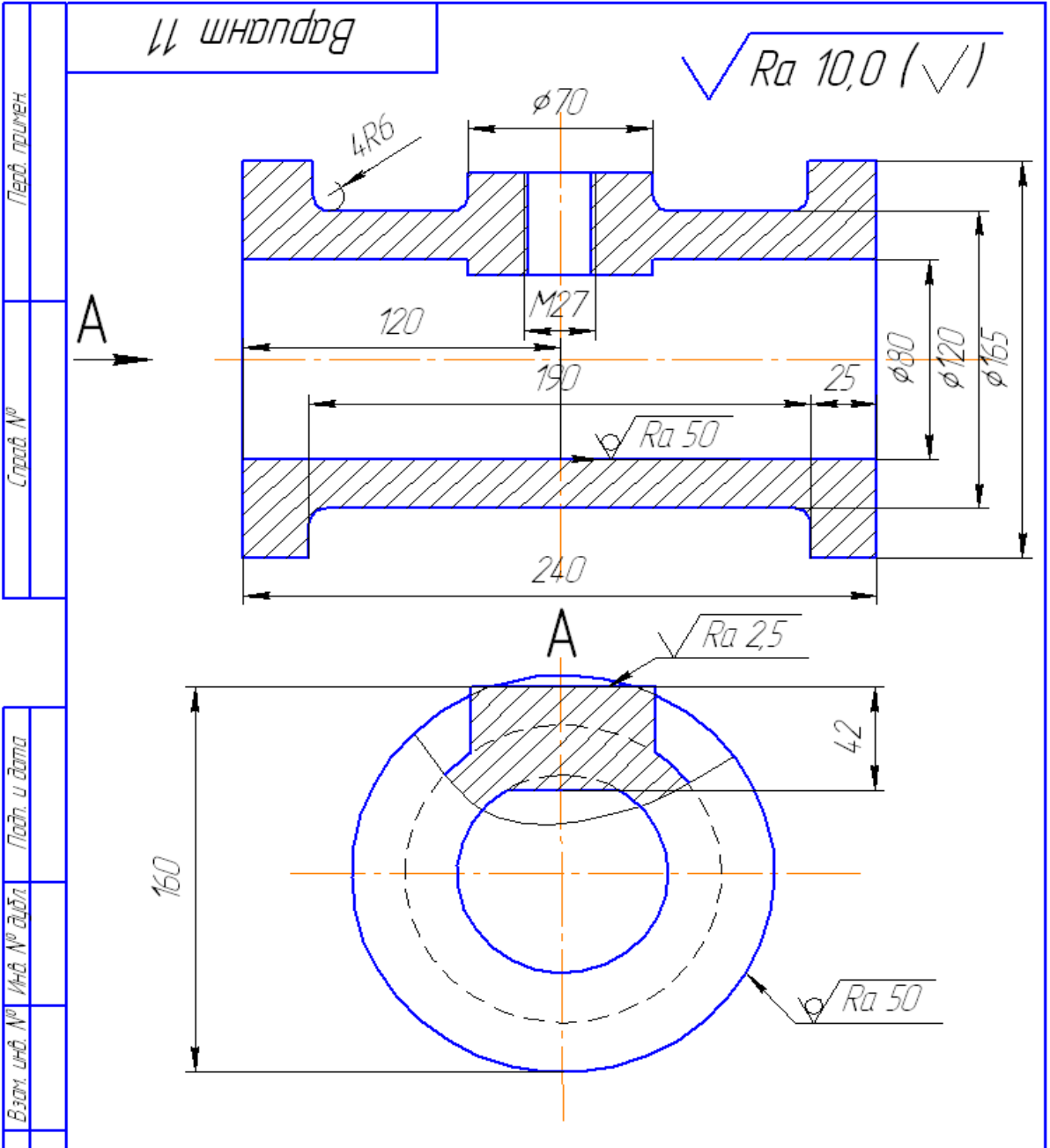
Опора

СЧ 15 ГОСТ 14.12-85

Лит.	Масса	Масштаб
У	3,2	1:1
Лист	Листов 1	

КГТУ  
каф. АМС  
Формат А4

Копировал



Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Вариант 11		
Разраб.							
Проб.					Лит.	Масса	Масштаб
Т.контр.					у	4,8	1:2
И.контр.					Лист	Листов 1	
Утв.					СЧ 15 ГОСТ 1412-85		
					КГТУ каф. АМС		
					Формат А4		

Копировал

Вариант 12

Лист. примеч.

Справ. №

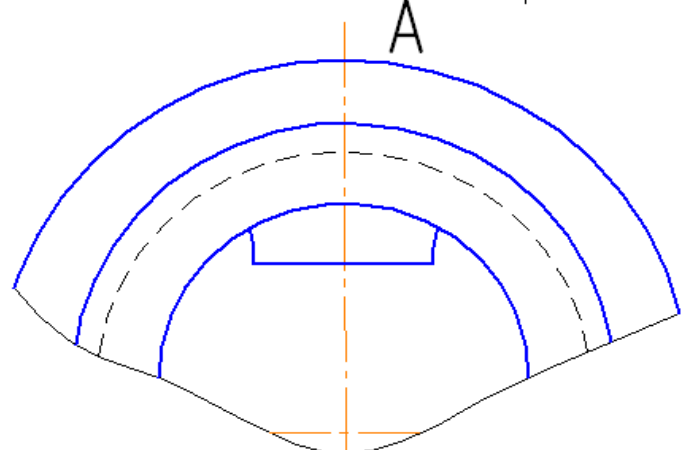
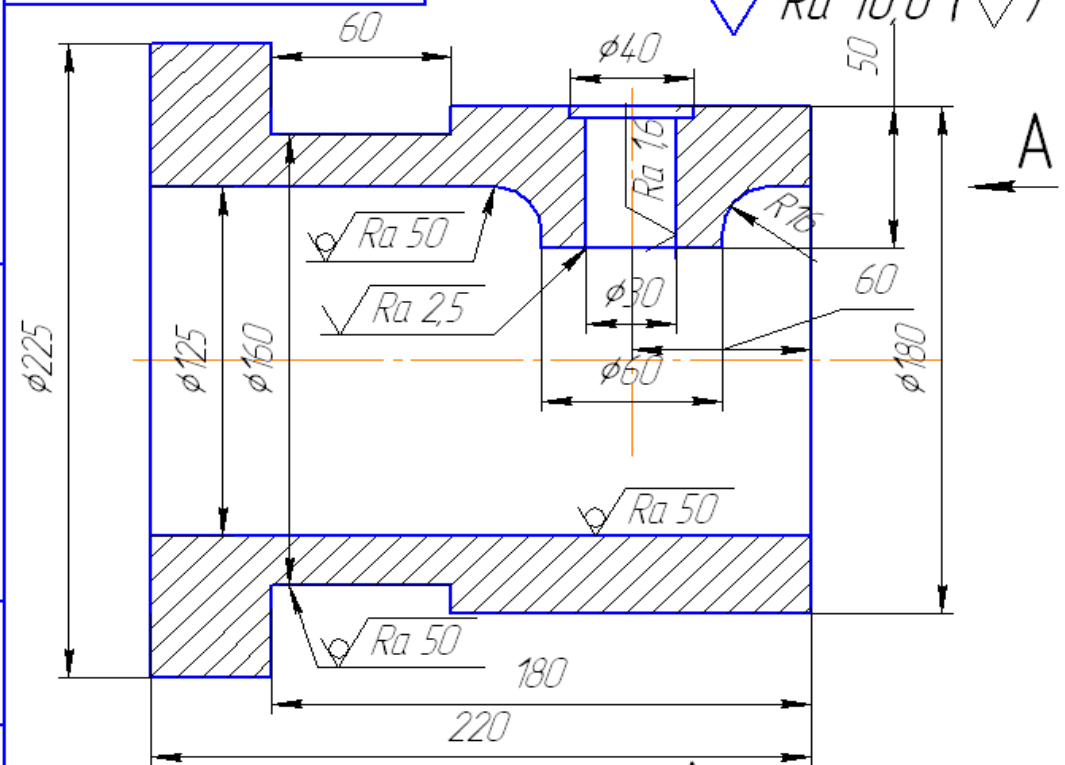
Подп. и дата

Изм. № докл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Изм. № подл.



Вариант 12

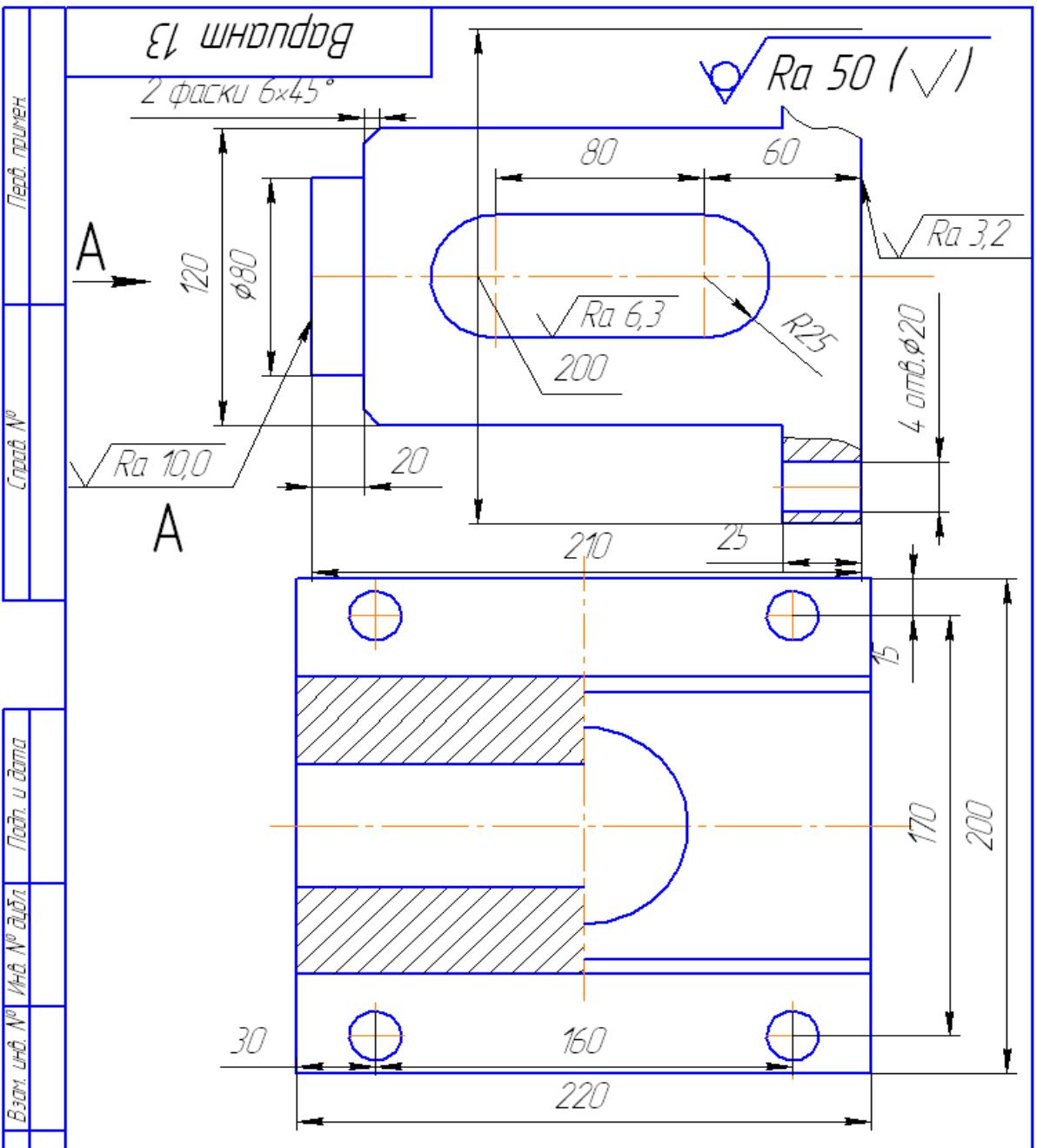
Корпус

СЧ 15 ГОСТ 14.12-85

Копировал

Лит.	Масса	Масштаб
У	8,7	1:2
Лист	Листов 1	

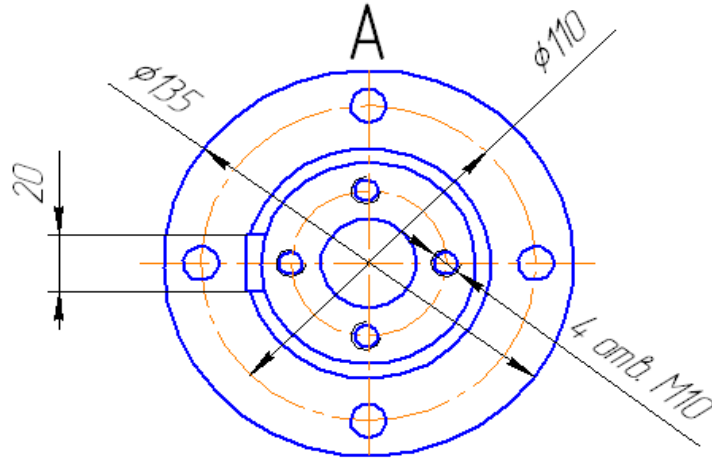
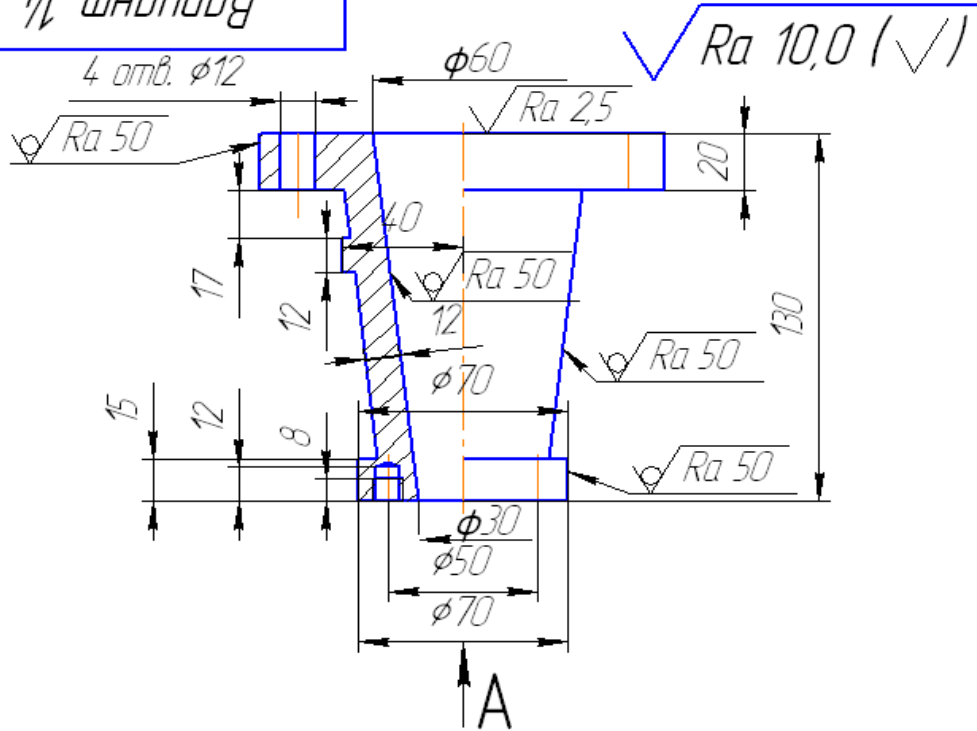
КГТУ  
каф. АМС  
Формат А4



Подп. и дата				Вариант 13			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.		Усынин В.Ф.			у	7,7	1:2
Пров.		Щербаков В.И.			Лист	Листов	1
Т.контр.					КГТУ каф. АМС		
Н.контр.					СЧ 15 ГОСТ 14.12-85		
Утв.					Копировал		
						Формат А4	



4/ вариант 14



Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Вариант 14	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.	Усынин В.Ф.				у	3,2	1:2
Проб.	Щербаков В.И.			Лист	Листов	1	
Т.контр.				СЧ 15 ГОСТ 14.12-85			
Н.контр.				КГТУ			
Утв.				каф. АМС			
				Формат А4			

Копировал

СЧ 15 ГОСТ 1412-85

A - A  $\sqrt{Ra 10,0 (\sqrt{1})}$

Лист. примен.

Справ. №

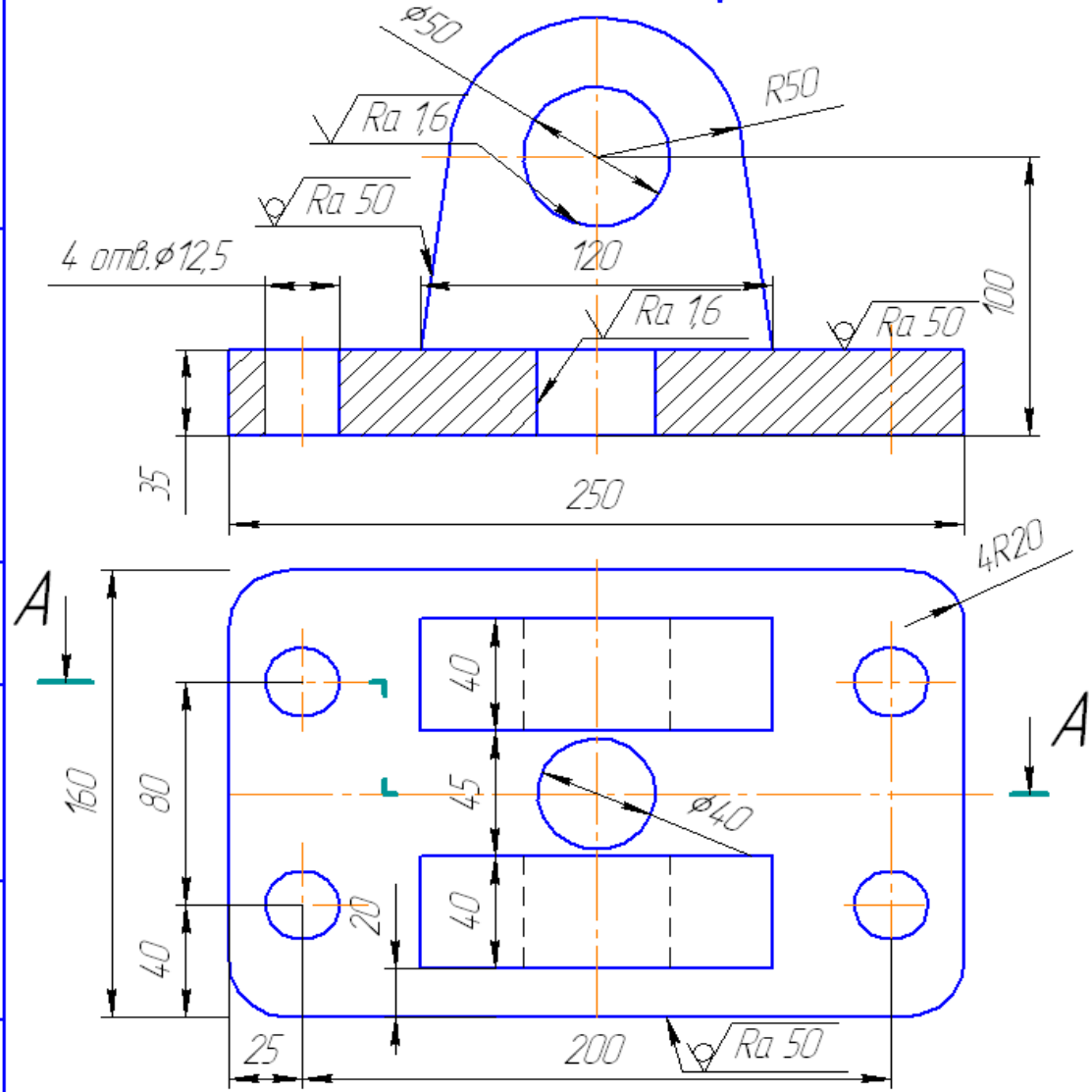
Подп. и дата

Инд. №

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инд. № подл.



Вариант 15

Опора

СЧ 15 ГОСТ 1412-85

Копировал

Лит.	Масса	Масштаб
у	8,8	1:2
Лист	Листов 1	

КГТУ  
каф. АМС  
Формат А4

Вариант 16

$\sqrt{Ra\ 10,0\ (\checkmark)}$

Лев. примеч.

Справ. №

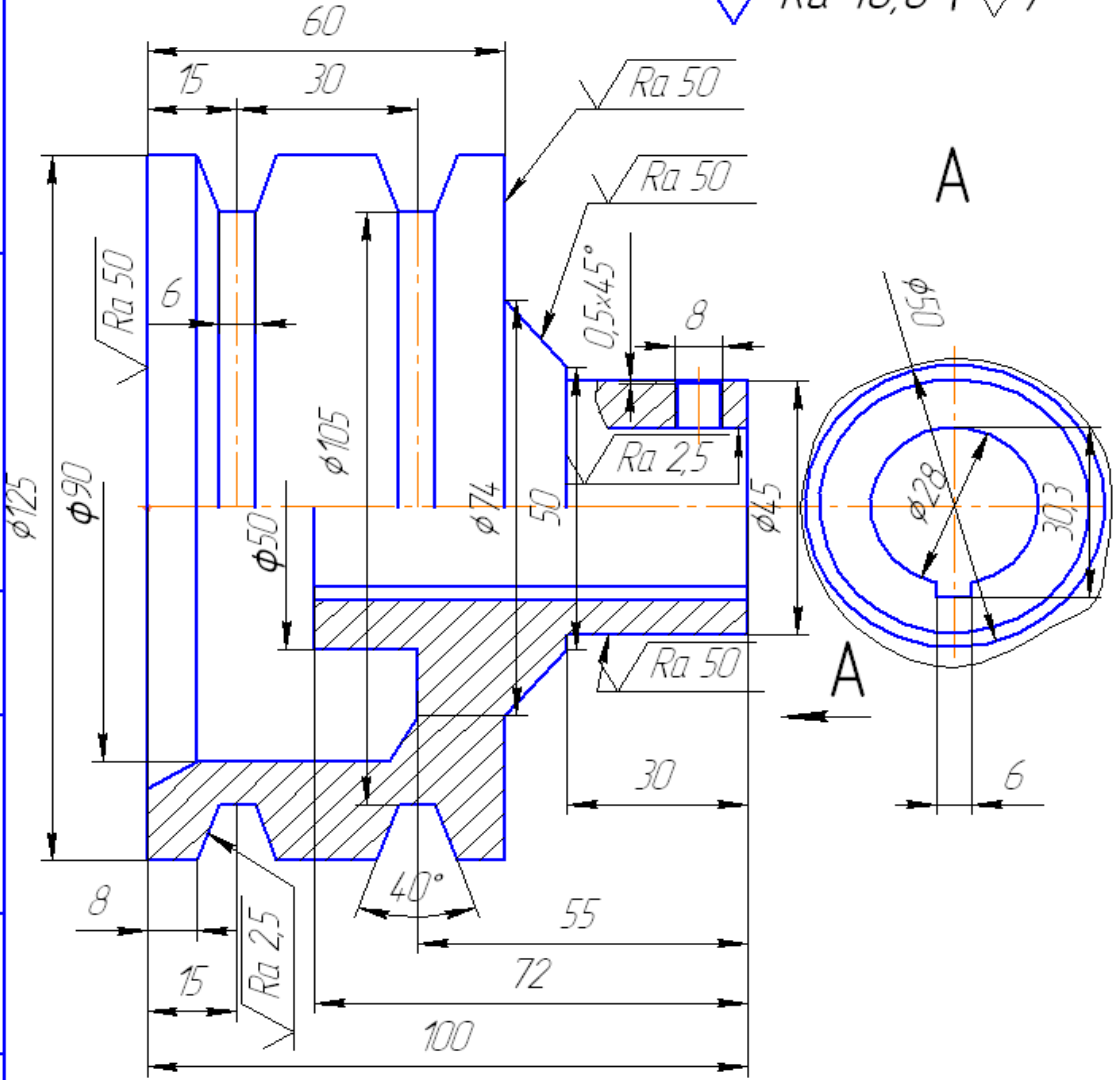
Подп. и дата

Инд. № дубл.

Взам. инд. №

Подп. и дата

Инд. № подл.



Вариант 16

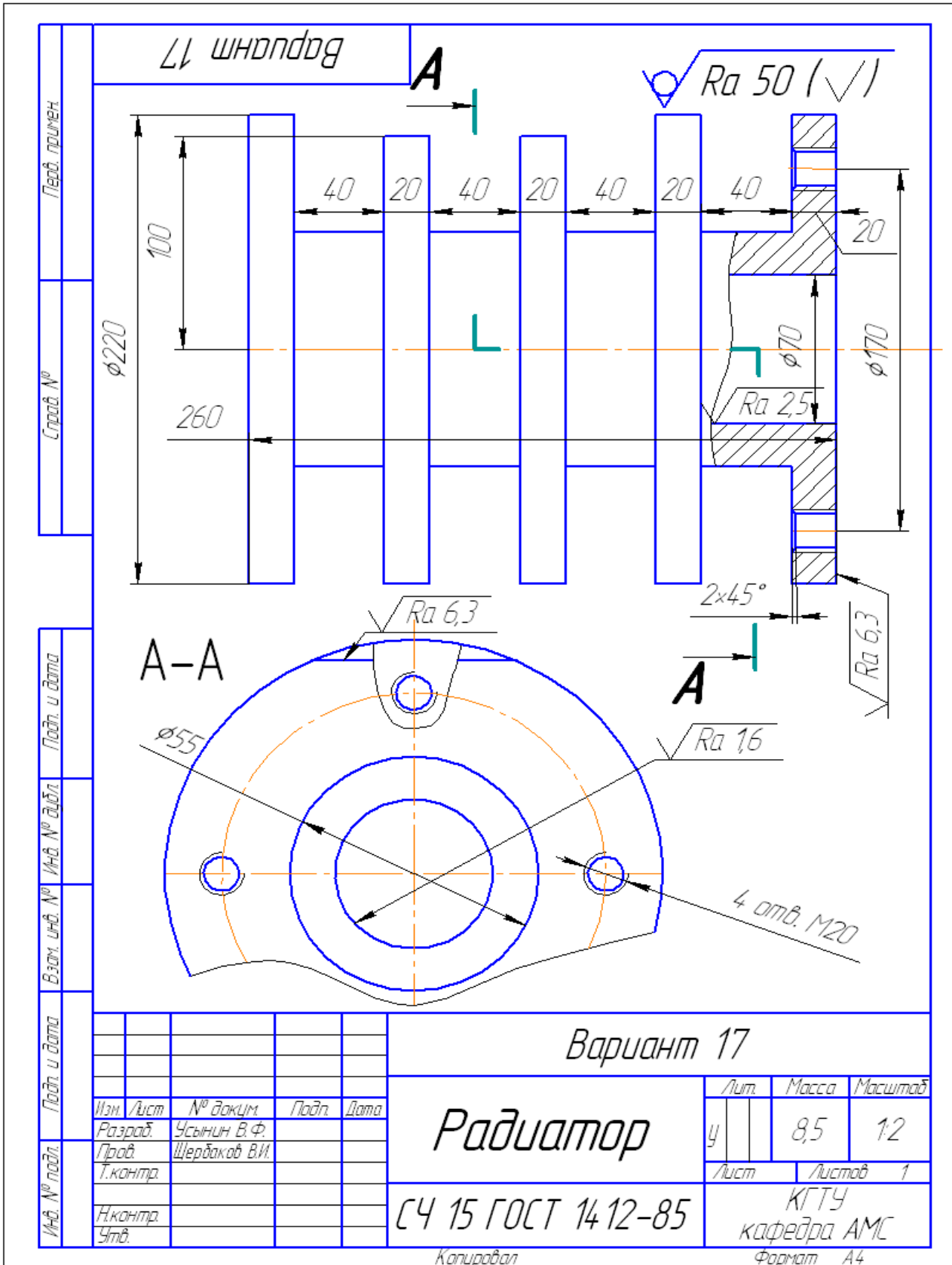
Шкив

СЧ 15 ГОСТ 1412-85

Копировал

Лит.	Масса	Масштаб
у	4,5	1:1
Лист	Листов	1

КГТУ  
каф. АМС  
Формат А4

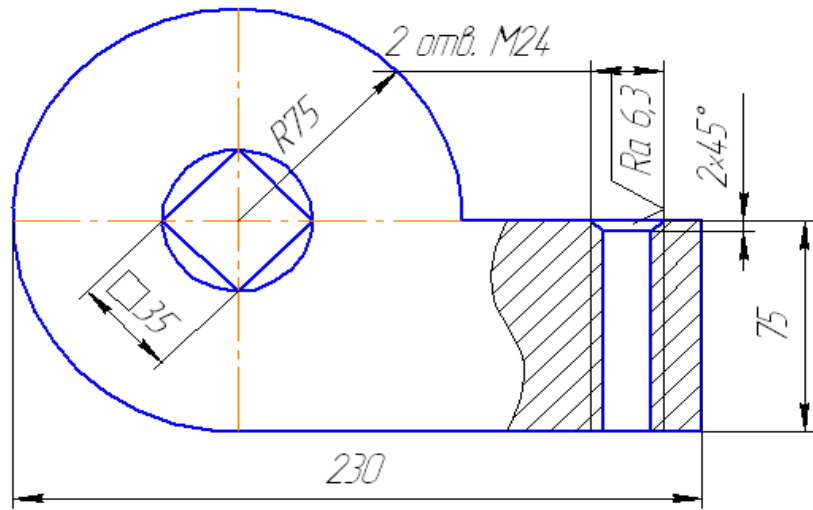


Вариант 18

50 (✓/)

Лист. промен

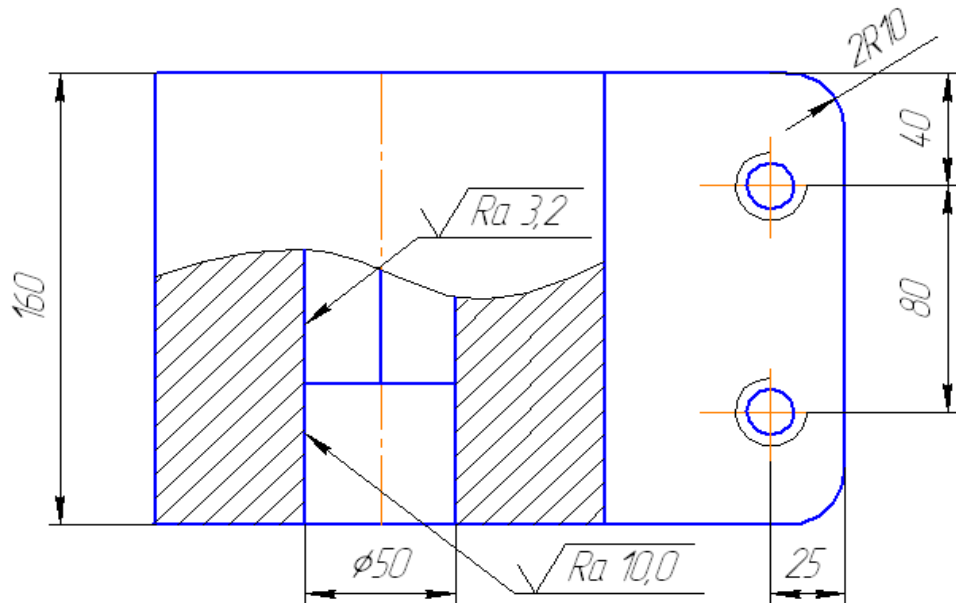
Справ. №



Подп. и дата

Инд. № дубл.

Взам. инв. №



Подп. и дата

Инд. № подл.

Вариант 18

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Усынин В.Ф.		
Проб.		Щербаков В.И.		
Т.контр.				
Н.контр.				
Утв.				

Опора

Лит.	Масса	Масштаб
у	11,2	1:1
Лист	Листов	1

СЧ 15 ГОСТ 14.12-85

КГТУ  
кафедра АМС

Копировал

Формат А4

Вариант 19

Лист. промен

Справ. №

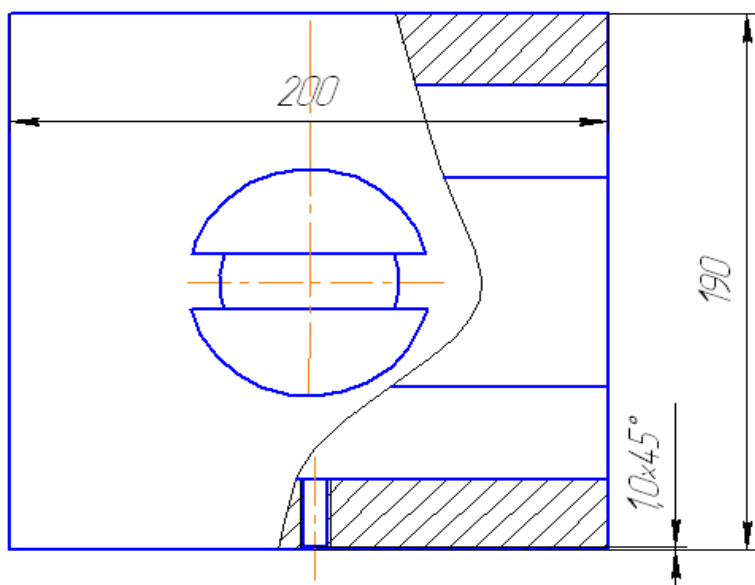
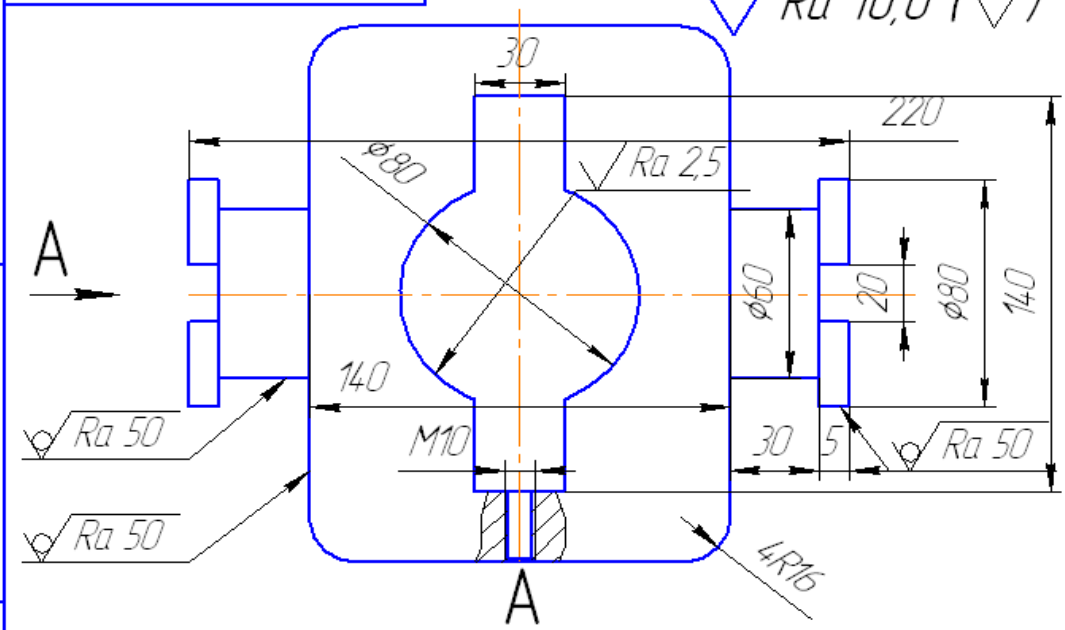
Подп. и дата

Инд. № дубл.

Взам. инд. №

Подп. и дата

Инд. № подл.



Вариант 19

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Усынин В.Ф.		
Проб.		Щербаков В.И.		
Т.контр.				
Н.контр.				
Утв.				

Противовес

СЧ 15 ГОСТ 14.12-85

Лит.	Масса	Масштаб
у	19,3	1:2
Лист	Листов 1	

КГТУ  
кафедра АМС

Копировал

Формат А4

Вариант 20

M110

$\sqrt{Ra\ 10.0\ (\checkmark)}$

Лев. примеч.

Справ. №

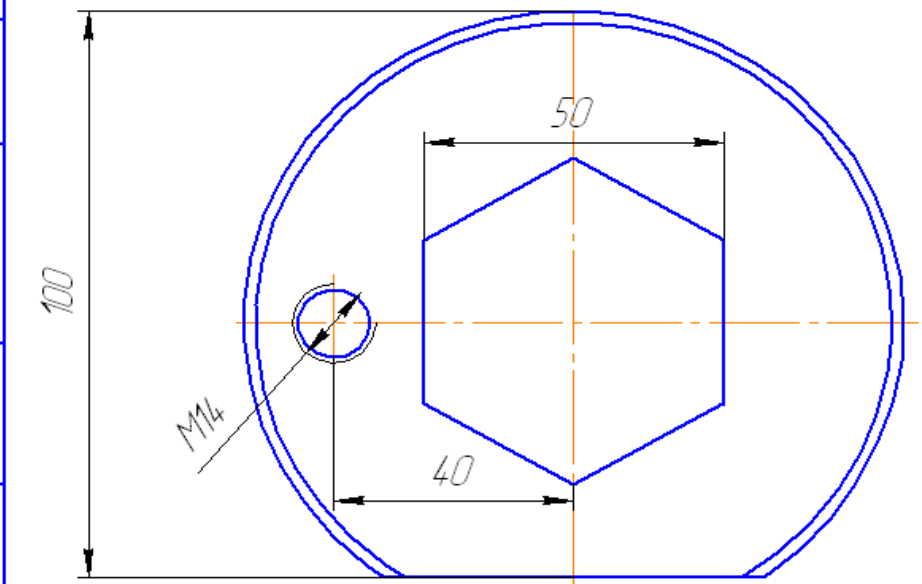
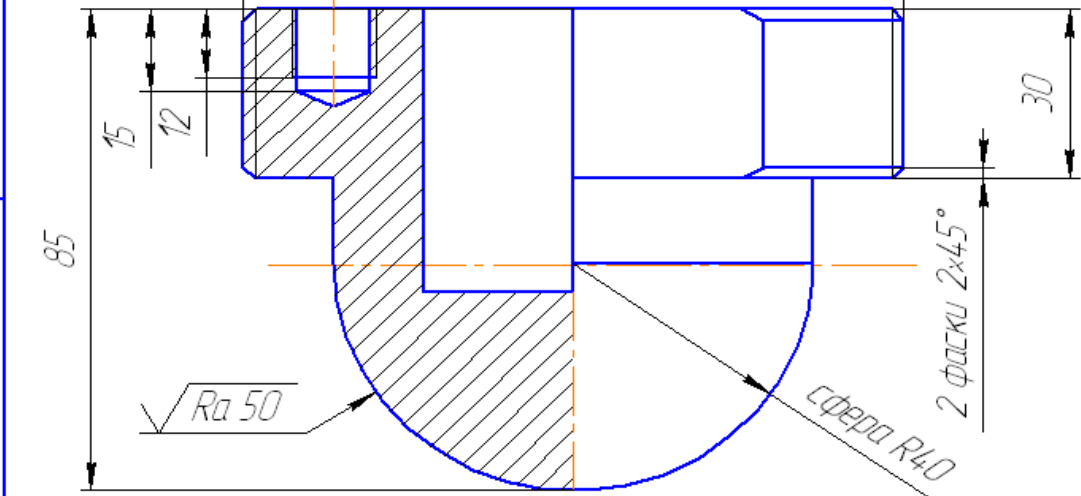
Подп. и дата

Инд. № дробл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инд. № подл.



Вариант 20

Опора

СЧ15 ГОСТ 1412-85

Копировал

Лит.	Масса	Масштаб
У	2,8	1:1
Лист	Листов 1	

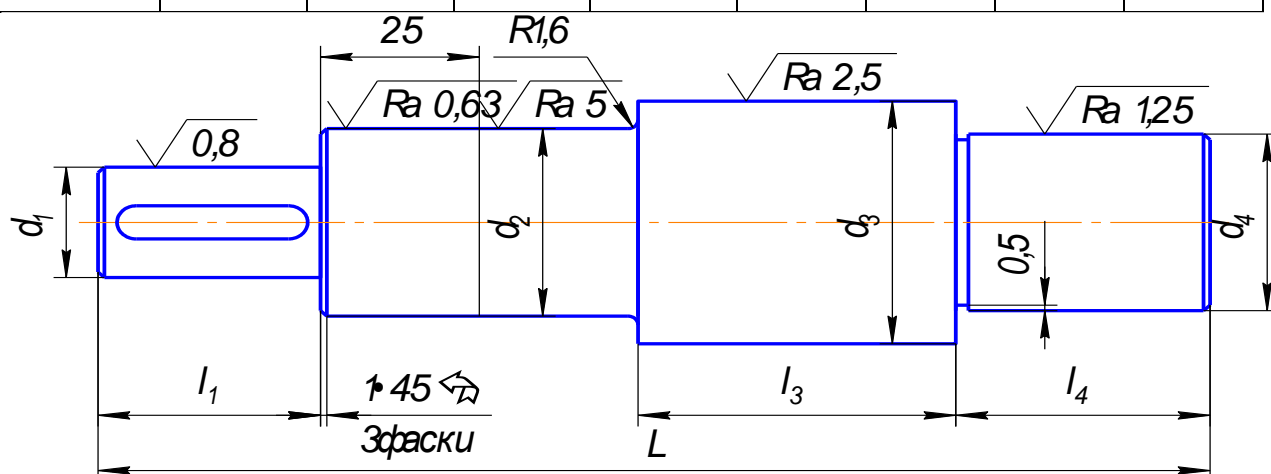
КГТУ  
кафедра АМС

Формат А4

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

Варианты заданий для раздела « Обработка металлов давлением».  
 Задание 1 Линейные размеры вала (для изготовления ковкой)

Вариант	d3 h8	d4 s6	d1 k6	d2 d9	l1 h8	l2 h9	l3 h9	L h10
1	Ø200	Ø100	Ø80	Ø140	350	400	600	1800
2	Ø140	Ø70	Ø50	Ø110	400	300	600	1600
3	Ø180	Ø120	Ø60	Ø100	300	400	500	1500
4	Ø150	Ø90	Ø70	Ø120	200	300	300	1200
5	Ø140	Ø110	Ø50	Ø80	250	350	400	1300
6	Ø160	Ø100	Ø70	Ø130	350	400	360	1500
7	Ø160	Ø100	Ø50	Ø120	300	300	400	1300
8	Ø180	Ø150	Ø70	Ø100	300	250	300	1200
9	Ø160	Ø90	Ø70	Ø120	250	400	300	1600
10	Ø155	Ø115	Ø65	Ø100	350	450	250	1700



Сталь 12X18H9T ГОСТ5632-72



**Задания к разделу «Сварочное производство»**

**Варианты № 1–6**

*Ручная дуговая сварка*

Разработайте процесс ручной электродуговой сварки цилиндрической части резервуара (рисунок 1). Производство мелкосерийное. Укажите тип соединения, форму разделки кромок под сварку и дайте эскиз сечения шва с указанием его размеров. Подберите тип, марку и диаметр электрода. Определите режим сварки. По размерам шва подсчитайте массу наплавленного металла. Определите расход электродов с учетом их потерь, расход электроэнергии и время сварки изделия.

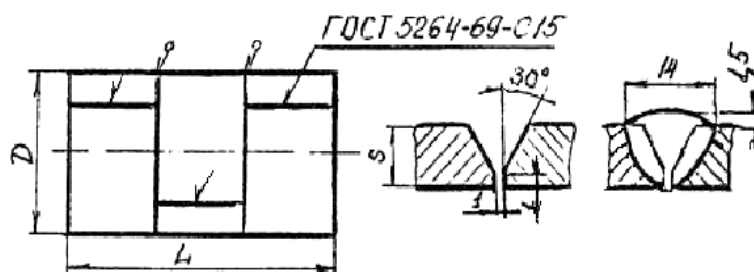


Рисунок 1 – Эскиз резервуара

Таблица 1 – Исходные данные к вариантам № 1–6

№ варианта	1	2	3	4	5	6
Материал	Ст3			12X18H9T		
D, мм	800	900	1000	800	900	1000
S, мм	6	7	8	6	7	8
L, мм	1000	1300	1500	1000	1300	1500

**Варианты № 7–12**

*Автоматическая сварка под флюсом*

Разработайте процесс автоматической сварки под слоем флюса плиты (рисунок 2). Производство крупносерийное. Укажите тип соединения, форму разделки кромок под сварку и дайте эскиз сечения шва с указанием его размеров. Выберите марку и диаметр проволоки и флюса. Подберите режим сварки. По размерам шва подсчитайте массу наплавленного металла. Определите расход электродной проволоки и флюса с учетом потерь, расход электроэнергии и время сварки.

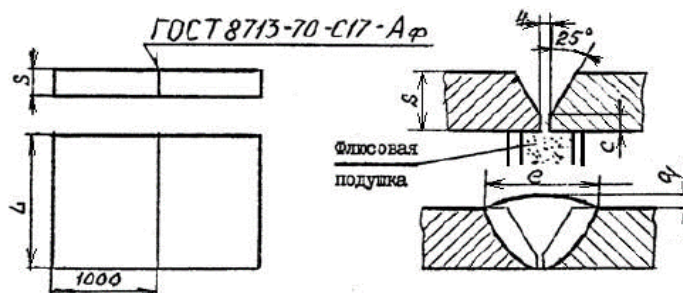


Рисунок 2 – Эскиз сварной плиты

Таблица 2 – Исходные данные к вариантам № 7–12

№ варианта	7	8	9	10	11	12
Материал	Ст 3			12X18H9T		
L, мм	2000	2500	3000	2000	2500	3000
S, мм	10	15	20	10	15	20

### Варианты № 13–18

*Сварка в среде защитных газов.*

Разработайте процесс полуавтоматической сварки в среде углекислого газа сосуда (рисунок 3). Укажите тип соединения, форму разделки кромок под сварку. Дайте эскиз сечения шва с указанием его размеров. Выберите марку, и диаметр электродной проволоки. Подберите режим сварки. Укажите вылет электрода, род и полярность тока. По размерам шва подсчитайте массу наплавленного металла. Определите расход электродной проволоки с учетом потерь, расход защитного газа и электроэнергии, а также время сварки изделия.

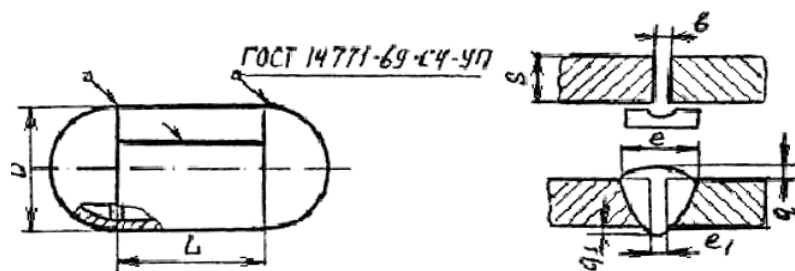


Рисунок 3 – Эскиз сварного сосуда

Таблица 3 – Исходные данные к вариантам № 13–18

№ варианта	13	14	15	16	17	18
Материал	Ст 3			12X18H9T		
L, мм	1000	1200	1400	1000	1200	1400
D, мм	500	600	700	500	600	700
S, мм	3	4	5	3	4	5

## Варианты № 19–24

### Электроконтактная сварка

Разработайте процесс точечной сварки балки (рисунок 4). Шаг точек  $t = 5d_T$ . Производство крупносерийное. Укажите подготовку заготовок под сварку. По толщине свариваемых заготовок выберите тип машины и укажите ее технические данные. Рассчитайте площадь контактной поверхности электрода. По значениям плотности тока  $j$  (А/мм<sup>2</sup>) и давления  $p$  (МН/м<sup>2</sup>) определите сварочный ток и усилие, приложенное на электродах). Определите время сварки изделия. Начертите и опишите цикл точечной сварки.

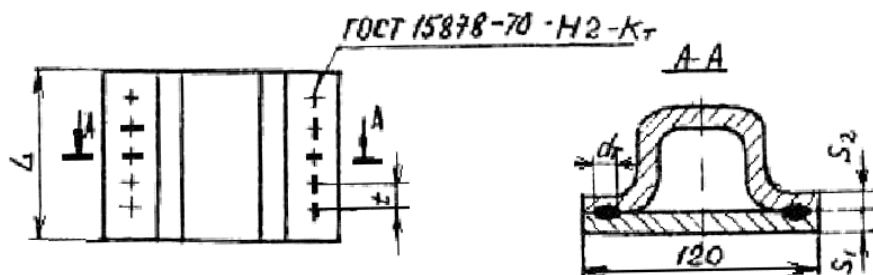


Рисунок 4 – Эскиз сварной балки.

Таблица 4 – Исходные данные к вариантам № 19–24

№ варианта	19	20	21	22	23	24
Материал	Ст 3			12X18H9T		
L, мм	1000	1500	2000	1000	1500	2000
Si, мм	2	3	4	2	3	4
S <sub>2</sub> , мм	3	4	5	3	4	5

## Варианты № 25–30

### Газовая сварка

Разработайте процесс газовой сварки трубы (рисунок 5). Производство мелкосерийное. Назначьте характер пламени газовой горелки, тип горелки и ее мощность. Выберите марку и диаметр присадочной проволоки, флюс и его состав (если он необходим). Укажите способ сварки (правый или левый). По размерам шва определите массу наплавленного металла. Установите расход присадочной проволоки с учетом потерь кислорода, ацетилена, карбида кальция и время сварки изделия.

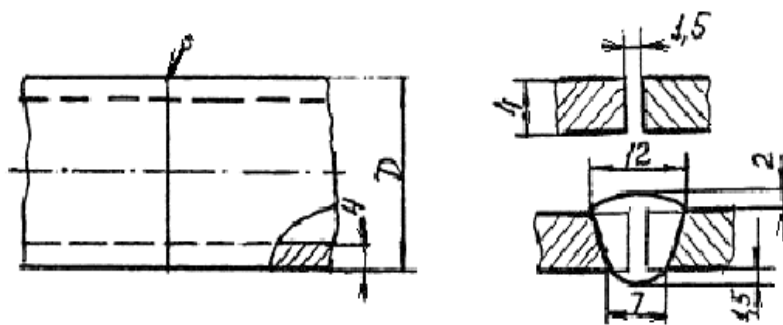


Рисунок 5. Эскиз сварной трубы

Таблица 5 – Исходные данные к вариантам № 25–30

№ варианта	25	26	27	28	29	30
Материал	Ст 3		10ХСНД		15ХМ	МЗР
D, мм	35	40	45	50	60	70

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО РЫБОЛОВСТВУ**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«Калининградский государственный технический университет»**  
Институт агроинженерии и пищевых систем  
Кафедра инжиниринга технологического оборудования

Курсовая работа  
допущена к защите  
Руководитель: \_\_\_\_\_  
(уч. степень, звание, должность\*)  
\_\_\_\_\_ И.О. Фамилия  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 202\_\_ г.

Курсовая работа защищена  
с оценкой \_\_\_\_\_  
Руководитель: \_\_\_\_\_  
(уч. степень, звание, должность)  
\_\_\_\_\_ И.О. Фамилия  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 202\_\_ г.

**ТЕМА КУРСОВОЙ РАБОТЫ**  
Курсовая работа по дисциплине  
«Технология конструкционных материалов»  
КР.ХХ<sup>1</sup>.ХХ.ХХ.ХХ<sup>2</sup>.Х<sup>3</sup>.Х<sup>4</sup>

Работу выполнил:  
студент гр.\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ И.О. Фамилия  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Калининград 202\_\_ г.

Локальный электронный методический материал

Валерий Сергеевич Бедарев

## ТЕХНОЛОГИЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Редактор С. Кондрашова  
Корректор Т. Звада

Уч.-изд. л. 8,1. Печ. л. 6,4.

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
"Калининградский государственный технический университет".  
236022, Калининград, Советский проспект, 1