

Министерство образования и науки Челябинской области  
Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение  
**«Южно-Уральский государственный технический колледж»**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ  
ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА  
ПО ПРОФЕССИОНАЛЬНОМУ МОДУЛЮ  
ПМ 01 «ПОДГОТОВКА И ВЕДЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ  
ПЛАВКИ, ЛИТЬЯ И ПРОИЗВОДСТВА ОТЛИВОК ИЗ ЧЕРНЫХ И  
ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ»  
МДК. 01.04. «Рациональные режимы технологических операций изготовления  
отливок»**

для студентов специальности 22.02.03  
Литейное производство черных и цветных металлов  
(базовая подготовка)

Челябинск, 2022

Методические рекомендации  
составлены в соответствии с  
программой ПМ  
01.«Подготовка и ведение  
технологических процессов  
плавки, литья и производства  
отливок из черных и цветных  
металлов»

ОДОБРЕНО  
Предметной (цикловой)  
комиссией  
протокол №  
«\_\_\_»\_\_\_\_\_2022г.  
Председатель ПЦК  
\_\_\_\_\_/О.Е. Алябьева  
/

УТВЕРЖДАЮ  
Зам. директора по НМР  
\_\_\_\_\_  
Т.Ю. Крашакова  
«\_\_\_»\_\_\_\_\_2022 г.

Автор: Алябьева О.Е. – преподаватель ЮУрГТК

# АКТ СОГЛАСОВАНИЯ

на методические рекомендации по выполнению курсового проекта  
для специальности  
22.02.03 Литейное производство черных и цветных металлов, разработанные  
преподавателем ЮУрГТКАлябьевой О.Е.

Методические рекомендации по выполнению курсового проекта составлены в соответствии с программой профессионального модуля ПМ 01. «Подготовка и ведение технологических процессов плавки, литья и производства отливок из черных и цветных металлов».

Методические рекомендации к курсовому проекту имеют единую структуру: цели, общие положения, ход работы, рекомендации к оформлению, справочные данные, ссылки на литературу. Тема проектов определена исходя из содержания междисциплинарного курса «Рациональные режимы технологических операций изготовления отливок» и направлена на углубление теоретических знаний и формирование умений разрабатывать рациональные технологические режимы изготовления отливок.

Методические рекомендации по выполнению курсового проекта содержат подробное описание действий студентов для написания разделов пояснительной записки проекта и выполнения чертежей, обеспечивают возможность самостоятельного, качественного и своевременного выполнения задания на курсовое проектирование.

Методические рекомендации соответствуют требованиям, предъявляемым к такого рода методической продукции и могут быть рекомендованы к использованию в образовательном процессе по подготовке техников по специальности 22.02.03 Литейное производство черных и цветных металлов.

Ведущий специалист кузнечно-литейного дивизиона «ООО ЧТЗ УРАЛТРАК»



В.Н.Федоров



# ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	5
Раздел I. Требования к содержанию и оформлению курсового проекта.....	9
.	
Раздел II. Методические рекомендации по выполнению технологической части.....	14
Раздел III. Модельные комплекты.....	53
Раздел IV. Разработка чертежей.....	62
Список литературы.....	65
Приложения 1.....	66



## **ВВЕДЕНИЕ**

Методические рекомендации по выполнению курсового проекта по ПМ 01 «Подготовка и ведение технологических процессов плавки, литья и производства отливок из черных и цветных металлов», МДК 01.04. «Рациональные режимы технологических операций изготовления отливок» предназначены для обучающихся по специальности 22.02.03 Литейное производство черных и цветных металлов(базовая подготовка).

Выполнение курсового проекта по МДК 01.04. «Рациональные режимы технологических операций изготовления отливок» осуществляются в соответствии с учебным планом названной специальности и является важным этапом в системе подготовки специалистов среднего звена. Курсовое проектирование служит средством углубления теоретических знаний и практических умений, а также является одной из основных форм контроля уровня знаний и умений студентов.

Разработка курсового проекта является завершающим этапом обучения студентов по МДК 01.04. «Рациональные режимы технологических операций изготовления отливок». Защита курсового проекта является формой проведения экзамена квалификационного по ПМ 01.

В процессе курсового проектирования студенты решают задачи, теоретической и практической направленности.

Целью курсового проекта является:

1. систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений по дисциплине;
2. углубление теоретических знаний в соответствии с темой курсовой работы;
3. формирование умений применять теоретические знания при решении поставленных вопросов;
4. формирование умений использовать справочную, нормативную и техническую литературу;

5. развитие творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
6. подготовка к дипломному проектированию.

В процессе курсового проектирования студент должен приобрести и закрепить навыки:

- работы со специальной литературой;
- систематизации, обобщения и анализа профессионально-значимой информации;
- выполнения расчетов;
- формулирования выводов и предложений.

Курсовое проектирование способствует формированию общих и профессиональных компетенций:

ОК 1. Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес.

ОК 2. Организовывать собственную деятельность, определять методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.

ОК 3. Решать проблемы, оценивать риски и принимать решения в нестандартных ситуациях.

ОК 4. Осуществлять поиск, анализ и оценку информации, необходимой для постановки и решения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.

ОК 5. Использовать информационно-коммуникационные технологии для совершенствования профессиональной деятельности

ОК 6. Работать в коллективе и команде, обеспечивать ее сплочение, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями.

ОК 7. Ставить цели, мотивировать деятельность подчиненных, организовывать и контролировать их работу с принятием на себя ответственности за результат выполнения заданий.

ОК 8. Самостоятельно определять задачи профессионального и личностного

развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации.

ОК 9. Быть готовым к смене технологий в профессиональной деятельности.

ПК 3. Выполнять расчеты, необходимые при разработке технологических процессов изготовления отливок.

ПК 4. Устанавливать и осуществлять рациональные режимы технологических операций изготовления отливок

ПК 6. Оформлять и читать конструкторскую и технологическую документацию по литейному производству.

Темой курсового проекта является:

«Разработка технологического процесса изготовления отливки».

Вариативность курсовых проектов достигается за счет разных исходных данных.

Разработка технологического процесса изготовления отливки является самостоятельной проектной работой студентов, в процессе которой они должны на основании приобретенных знаний и умений предложить оптимальное решение задачи изготовления отливки по заданному чертежу детали.

Изготовление отливки с заданными линейными размерами, конфигурацией, физико-механическими свойствами (прочность, твердость, плотность, структура и т.п.), шероховатостью поверхности и другими требованиями может осуществляться различными методами. При этом могут быть использованы различные типы и конструкции форм, конструктивные и технологические решения по отдельным элементам формы (стержням, литниковой системе, прибылям и т.п.), разнообразные технологические процессы на всех этапах изготовления отливки (приготовление формовочных и стержневых смесей, плавка и разливка металла, изготовление форм, обрубка, очистка и термообработка отливок и т.п.). Поэтому в конкретных условиях производства разрабатывается оптимальный технологический процесс, обеспечивающий стабильное выполнение требований чертежа и технических

условий на деталь и отливку при минимальных затратах труда и материальных средств.

Глубокие знания теории и технологии литейных процессов являются научной основой проектирования оптимальных техпроцессов. Но для успешной реализации этой задачи требуются еще опыт и практические навыки. Перечень вопросов, подлежащих разработке при выполнении задания на курсовое проектирование, и порядок проектирования рассмотрены в соответствующих разделах методических рекомендациях. В них также представлены варианты заданий.

Выполнение курсового проекта предполагает консультационную помощь со стороны преподавателя и творческую проработку студентом разделов курсового проекта.

Организацию поэтапного выполнения проекта и контроль над ходом его выполнения осуществляет преподаватель, который разрабатывает задания на каждый этап курсового проектирования. На организационном этапе распределяются темы курсовых проектов, доводятся до сведения студентов требования, которых следует придерживаться при их раскрытии, сообщаются исходные данные, рекомендуемая литература, устанавливаются объемы работы.

## **РАЗДЕЛ I. ТРЕБОВАНИЯ К СОДЕРЖАНИЮ И ОФОРМЛЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА**

Курсовой проект состоит из графической части и расчетно-пояснительной записки.

Графическая часть состоит из 5 листов формата А1, следующего содержания:

- элементы литейной формы – 1 лист;
- модельная оснастка – 2 листа;
- форма в сборе – 1 лист;
- стержневая оснастка – 1 лист.

Расчетно - пояснительная записка должна включать:

- титульный лист
- задание
- аннотацию
- введение
- технологическую часть
- заключение
- список используемой литературы.

Расчетно-пояснительная записка оформляется в соответствии с ЕСКД ГОСТ 2.307-2011 «Общие требования к текстовым документам», на листах формата А4. Поля: верх – 20 мм, низ – 20 мм, левое – 20 мм, правое – 20 мм. Страницы нумеруются внизу по центру.

Объем пояснительной записки должен составлять 20-25 страниц машинописного текста.

На титульном листе указывается наименование профессиональной образовательной организации, тема проекта, ФИО руководителя, ФИО студента и номер группы, в которой он обучается, год разработки курсового проекта.

Задание на проектирование выдается руководителем проекта,

Исходными данными для проектирования являются:

- рабочий чертеж детали с указанием назначения и условий работы данной детали (приложение 1);
- производственная программа, т.е. количество отливок, которые надлежит выпустить (характер производства отливки);
- способ литья (способ получения отливки).

Аннотация является неотъемлемой составной частью курсового проекта. Она содержит краткое содержание курсового проекта. Кроме того, в аннотации указывается количество страниц пояснительной записки, разделов, таблиц, схем. В ней следует указать основные сведения о разработчике проекта, назначение проекта (область применения), его практическую значимость.

Основные требования к аннотации:

- лаконичность и конкретность излагаемых мыслей содержания;
- нейтральный метод преподнесения материала и отсутствие рекомендаций по использованию документа.

Объем аннотации составляет один лист формата А4 машинописного текста.

Во введении следует обозначить актуальность темы проекта, цели и задачи курсового проектирования. Объем введения не должен превышать 1 листа.

В технологической части осуществляется разработка технологического процесса изготовления отливки в следующей последовательности:

Ознакомившись с чертежом детали и учитывая характер производства, студент приступает к выполнению карты эскизов, в которой решаются следующие исходные положения проекта:

- положение отливки в форме при заливке;
- поверхности разъема форм и стержневых ящиков;
- способы подвода металла в форму для питания отливки;
- число и конфигурация стержней и способы установки стержней в форму;

- число деталей в форме и число деталей из одной отливки.

Эскиз детали с модельно-литейными указаниями с примерным соблюдением масштаба и в законченном виде утверждается руководителем проекта.

После выполнения карты эскиза вычерчивается чертеж отливки. При этом студент руководствуется исключительно размерами, указанными на чертеже детали.

На чертеже отливки должны быть указаны следующие технологические параметры:

- припуски на механическую обработку (в пределах стандарта);
- гарантийные припуски;
- литейные формовочные уклоны, если они не даны на чертеже детали;
- заливаемые отверстия;
- специальные литейные приливы (ребра жесткости, площадки для клеймения, образцы на механические испытания) и технологические отверстия;
- черновые базы для механической обработки (согласуются с руководителем).

На этом же чертеже указываются технические требования к отливкам. Кроме того, студентом анализируется технологичность детали, и намечаются изменения, определяемые требованиями литейной технологии, которые без ущерба для назначения детали и последующей механической обработки могут быть внесены в ее конструкцию.

Чертеж отливки выполняется студентом с соблюдением масштаба. Число проекций, разрезов и сечений должно быть достаточным для отражения всех особенностей отливки по сравнению с деталью.

На чертеже отливки указываются габаритные размеры и размеры, определяющие технологические параметры.

Выполнив чертеж отливки, студент приступает к выполнению чертежа литейной формы.

Чертеж литейной формы должен представлять форму в собранном и подготовленном к заливке виде.

При изготовлении чертежа литейной формы необходимо руководствоваться возможностью производства отливки и экономичностью изготовления формы.

В зависимости от способа литья к чертежу литейной формы предъявляются различные требования.

Для отливок, изготавливаемых в разовых формах (формовка в опоках, формовка в стержнях, безопочная формовка), на чертеже формы должны быть указаны:

- размещение отливок в форме с указанием их координат;
- линии разъема форм и границы стержней;
- знаки и замки с указанием их размеров и размеров зазоров в знаках;
- литниковая система со всеми ее подробностями и размерами отдельных элементов;
- выпора и прибыли с указанием всех размеров;
- главные вентиляционные каналы;
- холодильники и жеребейки с основными размерами;
- опоки со всеми деталями и размерами.

На чертеже формы указывается величина принятой линейной усадки. Чертеж формы должен содержать спецификацию стержней и холодильников. К чертежу литейной формы должны быть приложены спецификация и эскизы оснастки.

Защита проекта осуществляется на квалификационном экзамене по модулю ПМ01. «Подготовка и ведение технологических процессов плавки, литья и производства отливок из черных и цветных металлов»

Состав экзаменационной комиссии определяется приказом директора колледжа при непосредственном участии руководителя курсового проектирования.

Защита состоит в коротком (8-10 мин) докладе студента по выполненному проекту и в ответах на вопросы.



Студент должен при защите проекта дать все объяснения по существу проекта.

Защита проекта оценивается дифференцированной отметкой.

## **РАЗДЕЛ II. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЧАСТИ**

### **2.1. Оценка технологичности литой детали**

Литая деталь, выполняемая любым способом (образованной из литых узлов, соединенных механическим путем в одну деталь; литой - сплошной; состоящей из одной отливки), должна быть технологичной и конструктивной.

Под технологичностью детали понимается такой вариант ее конструкции, при котором она может быть изготовлена с минимальными затратами средств и материалов.

Под конструктивностью детали понимается такой вариант конструкции отдельных ее узлов, стенок и углов, при котором они будут получаться без литейных дефектов, понижающих ее прочностные свойства.

Технологичными считают детали, конструкции которых отвечают требованиям как технологии механической обработки так и технологии литейного производства, а также всем условиям эксплуатации.

Технологичные литые детали должны иметь [1, 2, 3]:

- простые и прямолинейные общие контуры, облегчающие изготовление модельных комплектов, а также процессы формовки, сборки форм и очистки отливок;
- рациональную толщину стенок в различных сечениях, что обеспечивает необходимую прочность конструкции и возможность заполнения формы металлом;
- плавные переходы в сопряжениях различных сечений, способствующие снижению внутренних напряжений в отливке;
- достаточное число окон для удобной и надежной постановки стержней, вывода из них газов и очистки внутренних полостей отливки;
- конструктивные уклоны, обеспечивающие изготовление формы без усложняющих приемов и искажения контуров отливки формовочными уклонами;

- возможность транспортирования различными средствами.

Литые детали не должны иметь выступающих частей, тонкостенных ребер, глубоких впадин, закрытых полостей и поднутрений, затрудняющих формовку (из-за увеличения числа стержней) и механизацию процессов.

Задача по оценке технологичности конструкции литой детали решается для конкретных условий производства.

Ниже приводятся данные для такой оценки.

### **2.1.1. Внешнее очертание литых деталей**

Очертание литой детали должно быть по возможности простым. Это и облегчает процесс изготовления модели и исключает необходимость применения отъемных частей моделей. Простое внешнее очертание отливки позволяет изготавливать форму с минимальным количеством стержней. Лишние стержни увеличивают трудоемкость изготовления формы, приводят к появлению таких видов брака, как перекосы и несовпадение размеров, вызывают неточность изготовления и установки стержней.

Внешнее очертание и конструкция литой детали должны быть такими, чтобы модель можно было изготовить с одним плоским разъемом. Это особенно важно при машинной формовке.

Модель или части модели должны при формовке легко извлекаться из формы. Для проверки этого требования можно использовать метод теневого рельефа. Если на деталь или часть детали направить пучок параллельных лучей, перпендикулярных предполагаемой плоскости разъема формы, или стержневого ящика, то отсутствие теневых мест обеспечивает выполнение этого требования. На рис. 1 приведены примеры такой проверки.

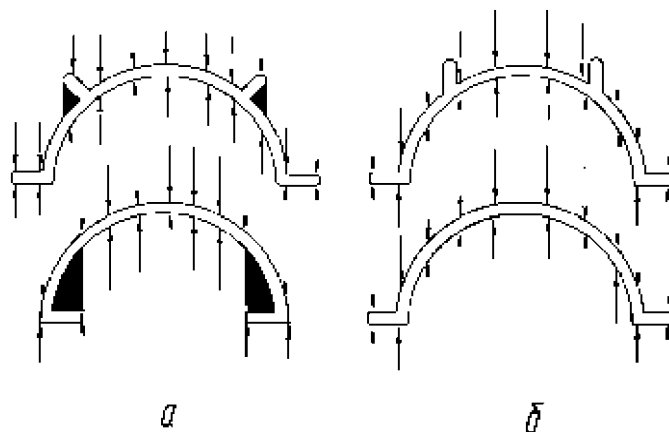


Рисунок.1 - Метод теневого рельефа нетехнологичные (а) и технологичные (б) конструкции деталей

При наличии у литой детали выступающих наружу крепежных приливов и бобышек рекомендуется следующее:

- близко расположенные приливы или бобышки необходимо объединять в один прилив;
- если деталь имеет внутренние полости, выполняемые с применением стержней, то выступающие наружу приливы и бобышки следует переносить внутрь детали;
- наличие приливов и бобышек не должно вызывать местных скоплений металла, для чего их высота не должна превышать толщины стенки, на которой они расположены. При этом наименьшая высота бобышек назначается в зависимости от наибольшего габаритного размера детали.

Верхним (по положению при заливке) плоским поверхностям большой протяженности необходимо придавать при заливке некоторый наклон, в противном случае поверхность будет плохого качества из-за наличия таких видов брака, как ужимины и газовые раковины.

Не следует допускать у литой детали двустороннюю механическую обработку, при которой в стружку удаляется наиболее прочный слой металла. Кроме того, при назначении припусков на обработку создается местное скопление металла, что приводит к появлению усадочных раковин и трещин.

### 2.1.2. Внутренние полости и отверстия в отливках

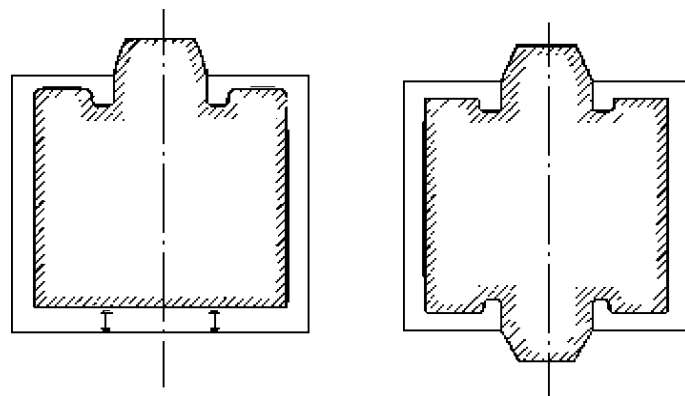
Отливки необходимо по возможности выполнять без применения стержней за счет выступающих частей формы - «болванов». При машинной формовке выступающие части, расположенные в нижней опоке, и стоящие на своем основании, могут иметь высоту, меньшую или равную размеру основания (диаметру или диаметру вписанной окружности). Выступающие части верхних опок, свешивающиеся вниз (подвесные болваны), могут иметь высоту меньше или равную 0,3 размера своего основания.

При ручной формовке вышеуказанные нормы рекомендуется уменьшить до 50 %.

Конфигурация внутренних полостей должна быть по возможности простой. При наличии сложных полостей стержни рекомендуется расчленять на более простые, обеспечивая удобство сборки стержня и надежность крепления его частей. Желательно, чтобы целые стержни или части составных стержней могли быть изготовлены машинным способом. Стержни должны иметь размеры в сечении, позволяющие применять металлические каркасы для увеличения их прочности. Выходные отверстия для знаков стержня изготавливаются с размерами, достаточными для надежного крепления стержней. При малом их количестве предусматриваются дополнительные отверстия.

При наличии замкнутых полостей в отливке необходимо предусмотреть технологические отверстия для выхода знаковых частей стержня (рис. 2). Для закрывания этих отверстий должны быть установлены соответствующие заглушки.

Дополнительное крепление стержней при помощи жеребеек (рис. 3, а) крайне нежелательно, так как жеребейки, заливаемые металлом, часто являются причиной брака отливок (газовые раковины, несвариваемость).



*а*

*б*

*а* - дополнительное крепление стержней при помощи жеребеек; *б* - дополнительное устройство отверстия для выхода знака стержня

Рисунок 2. - Пример устройства жеребеек и дополнительных отверстий для выхода знака стержня:

Отверстия в отливках в значительной степени осложняют технологический процесс, особенно если они имеют малый диаметр и большую глубину. Стержни для образования этих отверстий трудно изготовить и обеспечить их прочность.

Поверхность таких отверстий обычно имеет пригар, затрудняющий их дальнейшую обработку. Эти обстоятельства должны быть учтены при проектировании.

Отверстия в отливках могут высверливаться, если диаметры их не превышают при массовом производстве 20, серийном 30 и индивидуальном 50 мм.

### 2.1.3. Толщина стенок отливок

У литых деталей толщину стенки необходимо назначать, учитывая требуемую расчетную прочность, а также жидкотекучесть металла и возможность заполнения формы при назначенной толщине. Лимитирующим обычно является обеспечение необходимой прочности детали. Поэтому толщина стенки назначается наименьшей, но обеспечивающей необходимую прочность и достаточной для заполнения формы. Всякое увеличение толщины стенки приводит к замедлению скорости затвердевания металла и неоднородности

структуры. Следствием этого является снижение прочности детали.

Для выбора наименьшей толщины стенки отливки при литье в песчаные формы, может быть использована литература [1, 2, 3, 8].

При выборе толщины стенки отливки необходимо учитывать, что, начиная с некоторой (критической) толщины, прочность увеличивается несоразмерно.

Сечениям стенок литых деталей рекомендуется придавать форму, обеспечивающую наименьшее торможение усадки. Наличие термического (неравномерность затвердевания и остывания) и механического (сопротивление формы) торможения усадки может приводить к короблению и трещинам [1, 4, 8].

Внутренние стенки у литой детали рекомендуется делать несколько тоньше (примерно на 20 %) внешних стенок. Стенки отливки должны быть по возможности, одинаковой толщины, что обеспечивает равномерное затвердевание и остывание отливки, ее равномерное строение, предотвращает коробление и образование трещин. Допускается местное увеличение толщины стенки до 20 % при значительном удалении его от места подвода металла.

#### **2.1.4. Сопряжения стенок, углы и переходы**

У литых деталей для большей их надежности при сопряжении стенок, отличающихся по толщине меньше чем вдвое, рекомендуется применять галтели (радиусы внутренних углов). Галтели обеспечивают плавный переход и предотвращают возникновение трещин из-за неравномерного затвердевания и остывания отливки (рис. 3) [1, 2, 3, 4, 8].

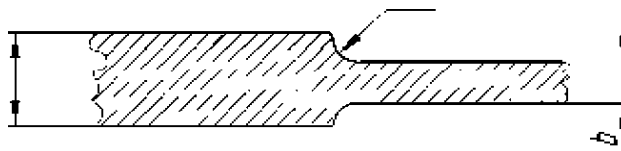


Рисунок 3 - Пример изображения галтелей на отливке

При наличии у заданной детали более сложных сопряжений их технологичность оценивают, используя специальные рекомендации по конструированию литых деталей [3].

#### **2.1.5. Места скопления металла**

У литых деталей, несмотря на стремление конструктора обеспечить

равномерную толщину стенок, всегда имеются места скопления металла - металлотермические узлы. Эти узлы образуются в местах пересечений и сопряжении стенок; местах расположения выступов, приливов и бобышек, а также за счет утолщения при назначении припусков на механическую обработку. Такие горячие узлы медленнее затвердевают, и в них вследствие недостаточного питания жидким металлом в процессе затвердевания образуются усадочные раковины и рыхлоты. Особенно нежелательно наличие термических узлов у отливок из сплавов с повышенной усадкой.

В связи с тем, что обеспечить равномерное затвердевание отливки бывает затруднительно, на практике применяют так называемый принцип направленного затвердевания. При этом литую деталь необходимо так конструктивно оформить, расположить в форме и подвести к ней жидкий металл, чтобы затвердевание началось в тонких местах, постепенно распространяясь на более толстые и заканчиваясь в прибылях, установленных на самых массивных местах [1, 2].

Направленность затвердевания отливки проверяется методом вписанных в сечение окружностей (рис.4). При направленном затвердевании окружность, вписанная в тонкое сечение, должна, постепенно увеличиваясь, выкатываться из отливки в прибыль.

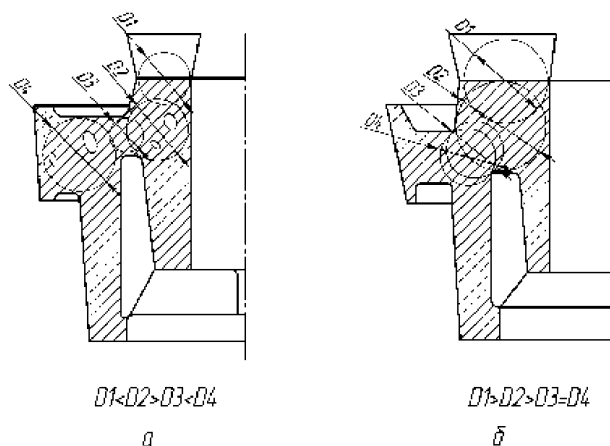


Рисунок 4. Принцип направленного затвердевания

Конструкция детали (рис. 4, а), не удовлетворяет данному принципу, поэтому в местах скопления металла она поражена усадочными раковинами. Реконструированная деталь (рис. 4, б), удовлетворяет этому принципу.



При наличии у отливки мест скопления металла, которые трудно обеспечить дополнительным питанием за счет установки прибылей для равномерного или направленного затвердевания применяются внутренние или внешние холодильники. Имеющиеся местные утолщения у отливок можно уменьшить, а для сохранения необходимой жесткости установить ребра жесткости. Толщина ребер жесткости на внешней поверхности отливки не должна превышать 0,8, а внутренних ребер 0,6 толщины стенок.

Высота ребер не должна превышать пятикратной толщины стенок.

При наличии у литой детали мест, где могут возникать термические (неравномерность затвердевания и остывания) и усадочные (затрудненная усадка) напряжения, в ее конструкцию во избежание образования горячих трещин вводятся литейные ребра.

Сопряжения ребер жесткости и литейных ребер с сечением основного тела отливки не должны приводить к местным скоплениям металла, для чего такие места необходимо конструктивно облегчить, например, как показано на рис. 5.

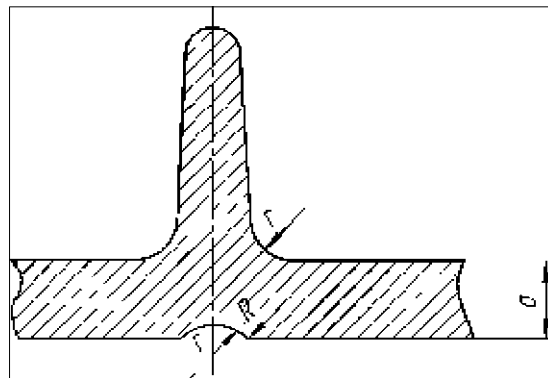


Рисунок 5 - Расположение ребер на отливке

Ребра должны располагаться симметрично по контуру детали во избежание ее коробления. Литейные ребра обычно делают мелкими для легкого их удаления при обрубке отливки.

Технологические требования к литым заготовкам, сведения о качестве отливок, показатели технологичности и экономического использования металла

приведены в работах [8].

## 2.2. Выбор способа изготовления форм

При изготовлении разовой песчаной формы применяют два способа - ручной и машинный.

Необходимо уже в самом начале разработки технологии изготовления литой детали предусматривать использование машинной формовки, которая в условиях серийного и массового производства наиболее целесообразна. При машинной формовке высокая производительность сочетается с высокой точностью и постоянством свойств литых деталей.

На выбор способа изготовления отливки также влияет к какой группе она относится.

Отливки классифицируют по массе, назначению, сложности конфигурации, серийности изготовления и точности размеров [1, 2]. По массе отливки из чугуна и стали подразделяются на 4 группы (табл. 1.1).

По назначению чугунные и стальные отливки подразделяются на 3 следующие группы:

1-я группа – отливки неответственного назначения. Это отливки деталей, не рассчитываемых на прочность. Конфигурация и размеры отливок определяются конструктивными и технологическими требованиями к ним;

2-я группа – отливки ответственного назначения. Это отливки деталей, испытываемых на прочность, работающих при статических нагрузках и в условиях трения скольжения;

3-я группа – отливки особо ответственного назначения. Это отливки деталей, испытываемых на прочность и эксплуатируемых в условиях динамических и знакопеременных нагрузок.

Таблица 1.1 - Распределение отливок из черных металлов по массе

Группа	Характеристика группы	Масса, кг
I	Мелкие	До 100
II	Средние	101...1000

III	Крупные	1001...5000
IV	Очень крупные	Свыше 5000

### 2.3. Определение положения отливки в форме

Положение отливки в форме предопределяет ее качество, сложность формовки, размеры опок, припуски на механическую обработку отдельных поверхностей и параметры технологии. Поэтому выбору положения отливки в форме при заливке уделяется особое внимание.

Теорией и практикой литейного производства установлено, что при определении положения отливки в форме необходимо руководствоваться следующими положениями:

-отливка должна располагаться в форме таким образом, чтобы обеспечивалось направленное затвердевание ее к местам расположения прибылей. С этой целью массивные части отливки располагают, по возможности, в верхних или боковых частях формы. Такое расположение отливки позволяет обеспечить пропитку ее массивных частей установкой верхних прибылей. В том случае, если отливка имеет большое количество утолщений, разделенных друг от друга более тонкими стенками, когда применение прибылей прямого питания не обеспечивает направленного затвердевания следует иметь ввиду возможность применения отводных прибылей и различных холодильников;

-максимальное количество обрабатываемых поверхностей отливки должно располагаться в нижней части формы по заливке, а при отсутствии такой возможности - вертикально или наклонно. Обрабатываемые поверхности отливок являются в большинстве случаев наиболее ответственными. Поэтому на этих поверхностях не допускается наличие таких литейных дефектов, как засоры и шлаковые включения, которые, как правило, располагаются на верхних плоскостях отливки; нижние плоскости отливки всегда более плотны. Однако в практике литья имеют место и такие случаи, когда по ряду соображений основные обрабатываемые поверхности приходится располагать сверху по заливке. В таких случаях принимают все меры к тому, чтобы предотвратить образование литейных дефектов, а если все же такие дефекты об-

разуются, их удаляют вместе с припусками на механическую обработку. С этой целью в местах возможного появления литейных дефектов назначаются несколько увеличенные припуски на обработку. Многие отливки подвергаются механической обработке с нескольких сторон. Естественно, что для этих отливок невозможно выбрать такое положение в форме при заливке, которое обеспечило бы расположение всех обрабатываемых плоскостей в нижних частях формы. Поэтому, в таких случаях в нижних частях формы размещаются наиболее ответственные поверхности, а в верхних - менее ответственные, имеющие меньшую площадь;

-симметричные (по своей форме) отливки, как правило, несут симметричную нагрузку. Для того чтобы обеспечить равномерность свойств отливки по сечению, перпендикулярному к оси симметрии, необходимо чтобы симметричные части отливок находились в одинаковых условиях при заполнении полости формы металлом и при кристаллизации. Достичь этого можно в том случае, если ось (плоскость) симметрии отливки занимает вертикальное положение при заливке;

-заполнение полости формы металлом, падающим с большой высоты, сопровождается захватом воздуха и окислением. Чем больше высота падения металла, тем больше энергия падающей струи, тем больше возможность разрушения формы и тем в большей степени загрязняется металл окислами и газами. Поэтому отливку в форме необходимо располагать таким образом, чтобы обеспечить минимальную высоту падения металла при заполнении полости формы;

- отливку необходимо располагать в форме таким образом, чтобы обеспечить формовку по модели с минимальным количеством стержней. Применение моделей с отъемными частями и увеличение количества стержней усложняет изготовление модели и удорожает стоимость формовки.

При литье в разовые формы следует помнить, что формовка может производиться в одном положении, а заливка в другом. При выборе положения отливки в форме учитывается так же ряд других требований как, например,

удобство формовки, возможность проверки правильности установки стержней в форме, прочность отдельных участков формы, удобство подвода и обрезки литников и т.п.

В практике работы невозможно выбрать такое положение отливки в форме, чтобы одновременно удовлетворить всем указанным требованиям. Поэтому в борьбе за качество литья необходимо основное внимание уделять главным, решающим факторам.

#### **2.4.Выбор поверхности разъема формы**

Разъем формы применяется исходя из необходимости удаления постоянных моделей из разовой формы, а при литье в постоянные формы для удаления отливки. В зависимости от сложности модели и от принятого способа формовки, число поверхностей разъема может быть равно 1, 2 и 3.

Поверхность разъема формы и положение отливки в форме при заливке обычно тесно увязываются между собой. Однако выбор поверхности разъема формы является вопросом подчиненным, и окончательное назначение поверхности разъема производится только после определения положения отливки в форме.

Назначением поверхности разъема формы предопределяют такие параметры технологического процесса, как конструкция модели, величина формовочных уклонов, необходимость применения стержней и т.п.

При выборе поверхности разъема формы необходимо стремиться к тому, чтобы число разъемов было минимальным. Большое число разъемов ведет к уменьшению точности изделия и дополнительной обработке на отливке заливов по поверхностям разъема.

При работе на формовочных машинах число разъемов формы следует сводить к одному или, в крайнем случае, к двум, при условии размещения в верхнем съеме только прибылей.

Во всех случаях поверхности разъема формы должны назначаться таким образом, чтобы обеспечивалась возможность формовки с применением

наименьшего количества стержней. Это положение определяется не только необходимостью снижения трудоемкости изготовления форм, но и получением отливок с наименьшими отступлениями от размеров чертежа. Чем меньше стержней, тем меньше протяженность швов между ними, тем меньше заливов и связанных с ними дефектов. Везде, где это возможно, нужно заменять стержни «болванами».

В тех случаях, если отливка подвергается механической обработке, желательно, чтобы поверхность разъема формы предусматривала расположение баз для механической обработки и максимальное число обрабатываемых плоскостей в одной полуформе. Это обстоятельство имеет исключительно важное значение при обработке отливок без предварительной разметки (крупносерийное или массовое производство). На базовых поверхностях недопустимо наличие литейных швов.

При оформлении базовых поверхностей стержнями, количество таких стержней должно быть минимальным, а фиксироваться они должны в той половине формы, в которой располагаются обрабатываемые поверхности.

Однако стремление разместить отливку в одной полуформе не всегда бывает рациональным, так как в ряде случаев для этого потребуются применять высокие опоки, что неизбежно приведет к удорожанию формовки.

При формовке в парных опоках следует назначать такую поверхность разъема, при которой суммарная высота формы будет наименьшей. Суммарная высота формы определяется общей высотой модели ( $h_2 + h_3$ ) и необходимыми запасами между моделью и краем опоки ( $h_1, h_4$ ) (рис. 6).

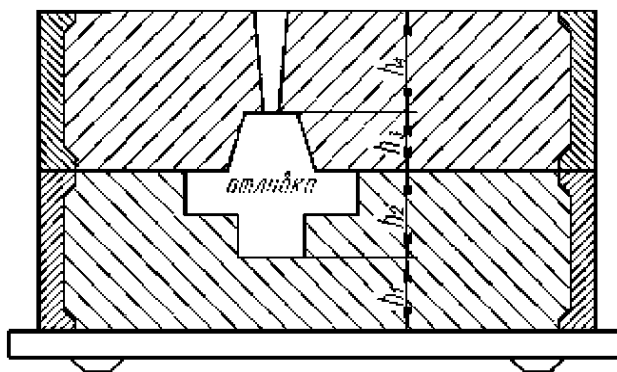
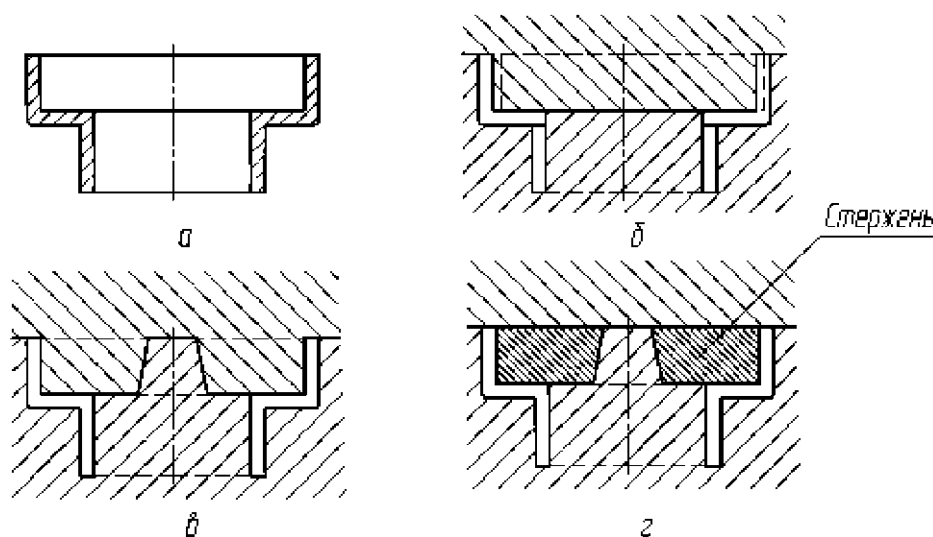


Рисунок 6. - Определение суммарной высоты формы

Выбранная поверхность разъема должна по возможности обеспечивать установку основных стержней в нижней полуформе. Это вызывается тем, что удержать стержень, особенно крупный, в верхней полуформе не всегда возможно, и при переворачивании верхней полуформы возможны обвалы стержней.

При назначении поверхности разъема необходимо предусматривать последствия сдвига формы по плоскости разъема. Это особенно важно в тех случаях, когда в результате сдвига уменьшается толщина вертикальных стенок отливки.

Для ограничения сдвига формы, при наличии фигурных поверхностей разъема, практикуется выполнение направляющих «болванов». В некоторых случаях, для создания плоского разъема, не влияющего на размеры отливки, применяют перекрытие формы стержнями (рис. 7). Например, требуется изготовить отливку (рис. 8, а), которая обрабатывается только с внутренней поверхности. Возможны три варианта поверхностей разъема формы (рис. 7, б, в, г). Поверхность разъема, представленная на рис. 7, б, не обеспечивает получение стенок отливки одинаковой толщины. В случае сдвига одной половины формы относительно другой свисающий «болван» сместится и займет положение, обозначенной пунктирной линией. В результате этого отливка получится разностенной.



### Рисунок 7 - Перекрытие плоскости разъема стержнями

Значительное уменьшение влияния сдвига на изменения размеров отливки достигается устройством направляющего «болвана», представленного на рис. 7, в.

Применение перекрывающего стержня значительно упрощает поверхность разъема и позволяет даже при значительных сдвигах (смещениях) одной половины формы относительно другой получать отливки без искажений в размерах (рис. 7, г).

В целях уменьшения объема и упрощения механической обработки желательно, чтобы поверхность разъема формы совпадала с плоскостью механической обработки отливки. Во всех случаях нужно стремиться к назначению плоской поверхности разъема форм, вместо фигурной. Разъем следует располагать таким образом, чтобы имелась возможность обеспечить необходимый подвод металла к полости формы.

При выбранной поверхности разъема модели и формы модель должна свободно извлекаться из формы после формовки. Для определения участков отливки, препятствующих свободному извлечению из формы оформляющей их модели, мысленно проверяют, образуются ли теневые участки при освещении отливки параллельными лучами, перпендикулярными выбранной плоскости разъема модели.

Затемненные участки указывают на элементы в конструкции модели, которые не могут быть извлечены из формы после формовки без ее разрушения (рис. 8). Эти элементы (например, бобышка 2) должны быть оформлены или стержнями (рис. 8, а), или с применением отъемных частей 1 модели (рис. 8, в), которые при съеме модели остаются в форме и затем извлекаются из нее (рис. 8, б).



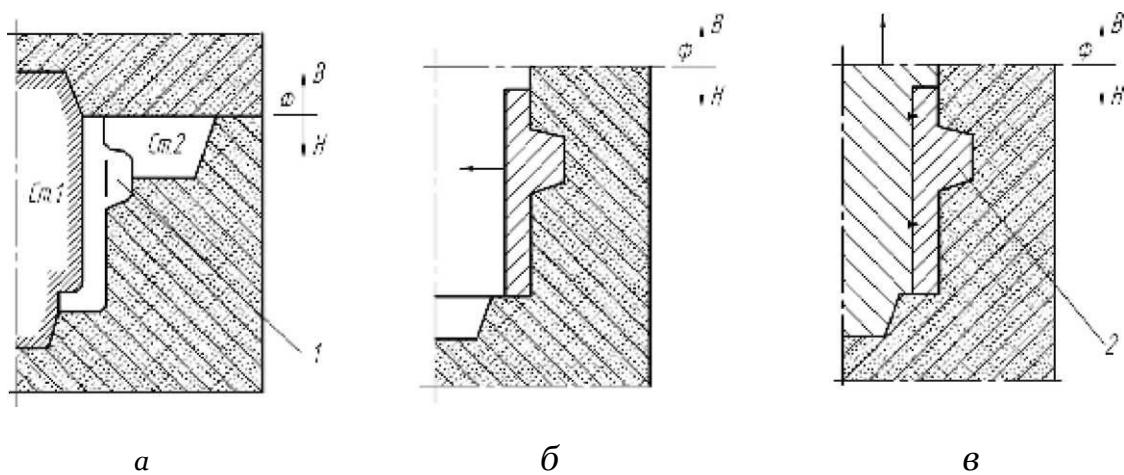


Рисунок 8 - Способы оформления наружной и внутренней конфигурации отливки

## 2.5. Припуск на механическую обработку

С целью достижения заданных чертежом размеров и необходимого качества поверхности на обрабатываемых поверхностях назначают припуски на механическую обработку. Величину припусков определяют в зависимости от класса точности отливки, ее номинальных и габаритного размеров, положения при заливке, способа литья и вида сплава.

При машинной формовке припуск дается меньшим, чем при ручной формовке. Объясняется это меньшим искажением размеров формы во время извлечения модели.

Наибольшие припуски на обработку предусматриваются для поверхностей, обращенных при заливке вверх. Эти поверхности больше всего засоряются шлаковыми и окисными включениями. Минимальные припуски назначаются на поверхности, обращенные при заливке вниз.

При разработке технологии литья величина припуска на обработку указывается на чертеже детали тонкой сплошной линией. По ГОСТ 31125-88.

Основные припуски на механическую обработку назначают в зависимости от допусков размеров дифференцированно для каждого элемента отливки в соответствии с ГОСТ Р 53464-2009. Для назначения основных припусков на механическую обработку используют данные табл. 1 (ГОСТ Р 53464-2009), в которой величины припусков даны в зависимости от величины допуска размера и номера ряда припуска.

Ряд припуска зависят от сложности отливки и способа ее получения. Для определения ряда припуска можно использовать данные табл. 2.

В табл. 1 для каждого интервала значений допусков размеров отливки в каждом ряду припусков предусмотрены два значения основного припуска. Меньшее значение устанавливается для более грубых квалитетов точности обработки деталей, большее значение - для более точных квалитетов.

Таблица 2 - Основные припуски на обработку отливок резанием ГОСТ Р 53464-2009

Допуск размеров отливок, мм	Основной припуск для рядов, мм					
	1	2	3	4	5	6
до 0,12	0,2-0,4	-	-	-	-	-
0,13-0,16	0,3-0,5	0,6-0,8	-	-	-	-
0,17-0,20	0,4-0,6	0,7-1,0	1,0-1,4	-	-	-
0,21-0,24	0,5-0,7	0,8-1,1	1,1-1,5	-	-	-
0,25-0,30	0,6-0,8	0,9-1,2	1,2-1,6	1,8-2,2	2,6-3,0	-
0,31-0,40	0,7-0,9	1,0-1,3	1,4-1,8	1,9-2,4	2,8-3,2	-
0,41-0,50	0,8-1,0	1,1-1,4	1,5-2,0	2,0-2,6	3,0-3,4	-
0,51-0,60	0,9-1,2	1,2-1,6	1,6-2,2	2,2-2,8	3,2-3,6	-
0,61-0,80	1,0-1,4	1,3-1,8	1,8-2,4	2,4-3,0	3,4-3,8	4,4-5,0
0,81-1,00	1,1-1,6	1,4-2,0	2,0-2,8	2,6-3,2	3,6-4,0	4,6-5,5
1,01-1,20	1,2-2,0	1,6-2,4	2,2-3,0	2,8-3,4	3,8-4,2	4,8-6,0
1,21-1,60	1,6-2,4	2,0-2,8	2,4-3,2	3,0-3,8	4,0-4,6	5,0-6,5
1,61-2,00	2,0-2,8	2,4-3,2	2,8-3,6	3,4-4,2	4,2-5,0	5,5-7,0
2,01-2,40	2,4-3,2	2,8-3,6	3,2-4,0	3,8-4,6	4,6-5,5	6,0-7,5
2,41-3,00	2,8-3,6	3,4-4,5	3,6-4,5	4,2-5,0	5,0-6,5	6,5-8,0
3,01-4,00	3,4-4,5	3,8-5,0	4,2-5,5	5,0-6,5	5,5-7,0	7,0-9,0
4,01-5,00	4,0-5,5	4,4-6,0	5,0-6,5	5,5-7,5	6,0-8,0	8,0-10,0
5,01-6,00	5,0-7,0	5,5-7,5	6,0-8,0	6,5-8,5	7,0-9,5	9,0-11,0
6,01-8,00	-	6,5-9,5	7,0-11,0	7,5-11,0	8,5-12,0	10,0-13,0
8,01-10,0	-	-	9,0-12,0	10,0-13,0	11,0-14,0	12,0-15,0
10,1-12,0	-	-	10,0-13,0	11,0-14,0	12,0-15,0	13,0-16,0
12,1-16,0	-	-	13,0-15,0	14,0-16,0	15,0-17,0	16,0-19,0
16,1-20,0	-	-	-	17,0-20,0	18,0-21,0	19,0-22,0
20,1-24,0	-	-	-	20,0-23,0	21,0-24,0	22,0-25,0
24,1-30,0	-	-	-	-	26,0-29,0	27,0-30,0
30,1-40,0	-	-	-	-	-	34,0-37,0
40,1-50,0	-	-	-	-	-	42,0
50,1-60,0	-	-	-	-	-	50,0

*Примечание.* Значения основных припусков относятся к поверхностям отливки, находящимся при заливке снизу или сбоку, припуск на верхние поверхности допускается увеличивать до значения, соответствующего следующему ряду.

При более высокой точности размеров допускается увеличение основного припуска до ближайшего большего значения из того же ряда. На обрабатываемых поверхностях, расположенных при заливке сверху, допускается

увеличивать припуск до значения, соответствующего следующему ряду припусков.

Таблица 3 -Классы точности размеров и масс и ряды припусков на механическую обработку отливок для различных способов литья (ГОСТ Р53464-2009)

Способ литья	Максимальный размер отливки, мм	Цветные сплавы с температурой плавления ниже 700 °С	Цветные сплавы с температурой плавления выше 700 °С, серый чугун	Ковкий, высокопрочный и легированный чугун, сталь
Литье под давлением в металлические формы	до 100	3т - 5 1	3 - 6 1	4 - 7т 1
	св. 100	3 - 6 1	4 - 7т 1	5т - 7 1
Литье в керамические формы и по выплавляемым и выжигаемым моделям	до 100	3 - 6 1	4 - 7т 1 - 2	5т - 7 1 - 2
	св. 100	4 - 7 1 - 2	5т - 7 1 - 2	5 - 8 1 - 2
Литье в кокиль и под низким давлением в металлические формы со стержнями и без них; в песчаные формы, отверждаемые в контакте с оснасткой	до 100	4 - 9 1 - 2	5т - 10 1 - 3	4 - 9 1 - 2
	св. 100 до 630	5т - 10 1 - 3	5т - 10 1 - 3	5 - 11т 1 - 3
	св. 630	5т - 10 1 - 3	5 - 11т 1 - 3	6 - 11т 2 - 4
Литье в песчаные формы, отверждаемые вне контакта с оснасткой, центробежное, в сырые и сухие песчано-глинистые формы	до 630	6 - 11 2 - 4	7т - 12 2 - 4	7 - 13т 2 - 5
	св. 630 до 4000	7 - 12 2 - 4	8 - 13т 3 - 5	9т - 13 3 - 6
	св. 4000	8 - 13т 3 - 5	9т - 13 3 - 6	9 - 14 4 - 6

*Примечание.* В числителе указаны классы точности размеров и масс, в знаменателе - ряды припусков. Меньшие их значения относятся к простым отливкам и условиям массового автоматизированного производства; большие значение - к сложным, мелкосерийно и индивидуально изготовленным отливкам; средние - к отливкам средней сложности и условиям механизированного серийного производства. Классы точности масс следует принимать соответствующими классам точности отливок

### **Допускаемые отклонения на размеры отливок**

Размерная точность литых заготовок и получаемых из них деталей является одним из основных показателей качества. Она определяется степенью приближения действительных размеров отливки к номинальным размерам, указанным на чертеже. В понятие размерной точности включаются следующие

показатели: класс точности размеров и масс отливки, допуски размеров отливки, допуски по толщине необрабатываемых стенок и ребер и т.п. [2].

Допуском называется разность наибольшего и наименьшего предельных размеров, между которыми находится действительное значение размера отливки, измеренное с заданной точностью.

Разность действительного и соответствующего номинального размеров называется отклонением. Если действительный размер больше номинального, то отклонение будет положительным, в противном случае - оно отрицательное. Алгебраическая разность предельного и номинального размеров называется предельным отклонением. Оно может быть верхним и нижним. Пространство, ограниченное верхним и нижним предельными отклонениями, образует поле допуска.

Величина допусков на размеры отливок зависит от технологии последующей обработки и тесно связана с комплексом требований к готовому изделию. Допуски на размеры и массу отливок в интервале изменения номинальных размеров от 4 до 10000 мм регламентированы ГОСТ Р 53464-2009, который устанавливает 16 классов точности (с 1-го по 16-й) и шесть промежуточных классов с индексом *T* (3T, 5T, 7T, 9T, 11T и 13T). Для механически обрабатываемых деталей установлено 19 квалитетов точности, обозначаемых буквами *IT* с индексом 01; 0; 1; 2; ...; 17 (например, 1T11).

Точность повышается по мере снижения номера класса или квалитета. Конкретный допуск для каждого класса точности отливки определяется по ГОСТ Р 53464-2009, табл. 3 в зависимости от номинальных размеров.

Под номинальным размером следует понимать номинальное расстояние между обрабатываемой поверхностью и базой ее механической обработки, а при обработке поверхностей вращения - их номинальный диаметр. У наклонных конических и фасонных поверхностей, заданных координатами одной базы, за номинальный размер принимают наибольший из размеров.

Стандартом предусмотрено устанавливать симметричные и несимметричные предельные отклонения размеров.

Несимметричное одностороннее расположение поля допуска применяется для размеров элементов отливок (кроме толщин стенок), расположенных в одной части формы и не подвергаемых механической обработке; при этом для охватывающих элементов (отверстие) поле допуска располагают «в плюс», а для охватываемых (вал) - «в минус».

Симметричное - для всех остальных элементов отливок, не подвергаемых и подвергаемых механической обработке.

Допуски масс определяются по тем же классам точности по номинальным значениям массы отливки, определяемой по номинальным размерам ГОСТ Р53464-2009.

## **2.6. Формовочные уклоны**

Формовочные уклоны делаются для облегчения извлечения модели из формы. Величина уклона определяется высотой модели, способом формовки и материалом модели. Чем выше модель, тем меньшую величину формовочного уклона необходимо принять для того, чтобы обеспечить необходимое качество формы.

Металлические модели имеют более гладкую поверхность и потому изготавливаются с меньшими уклонами, чем деревянные.

При машинной формовке, когда извлечение модели производится механически, принимают меньшие уклоны, чем при ручной формовке.

Формовочные уклоны наносятся на чертеж отливки сверх припуска на механическую обработку. При назначении уклонов необходимо, чтобы величина их укладывалась в допуски по размерам отливки.

В зависимости от требований, предъявляемых к поверхности отливки (должны или не должны быть подвергнуты механической обработке; должны или не должны сопрягаться с другими деталями и т.д.) и от величины допускаемых отклонений по размерам, ГОСТом 3212-92 предусматривается, что формовочные уклоны в моделях могут выполняться путем увеличения толщины стенок отливки, путем ее уменьшения или же путем одновременно ее

увеличения и уменьшения.

Формовочный уклон указывается в миллиметрах - размером «а» и в градусах - углом  $\alpha$ . Формовочные уклоны на моделях должны совпадать с уклонами в стержневых ящиках для стержней, образующих одну стенку.

## **2.7. Выбор и назначение величины припусков на усадку, диаметров литых отверстий**

Усадкой называется свойство металлов и сплавов уменьшать объем при затвердевании и охлаждении. Изменение линейных размеров отливки, вызванное усадкой сплава, называется линейной усадкой.

Литейная усадка отличается от линейной тем, что она зависит не только от свойств и состояния металла и сплава, но и от конфигурации отливки, ее размеров, формовочных материалов, температуры заливки формы и других факторов. Различают усадку свободную и затрудненную.

Свободную усадку имеют отливки простой конфигурации. Отливки с большим числом стержней имеют затрудненную усадку, так как стержни препятствуют свободной усадке.

Отливки соответствуют размерам чертежа в тех случаях, когда при изготовлении модели правильно учитывается литейная усадка. На основании практических и литературных данных рекомендуемые величины усадки для отливок из различных сплавов приведены в табл. 4.

Таблица 4 - Величина усадки для отливок из различных сплавов

Наименование материала отливок	Усадка, %	
	затрудненная	свободная
Серый чугун: мелкие отливки средние и крупные отливки очень крупные отливки специальные цилиндрические отливки: по длине по диаметру	0,9	1,0... 0,9
	0,8	0,8
	0,7	0,9
	0,8	0,7
	0,5	
Модифицированный чугун	0,9	1,3
Чугун с шаровидным графитом	1,0	1,5
Углеродистые и низколегированные конструкционные стали	1,3-1,7	1,6-2,0
Высоколегированные хромистые стали	1,0-1,4	1,3-1,7
Феррито-аустенитные стали	1,5-1,9	1,8-2,2
Аустенитные стали	1,7-2,0	2,0-2,5
Оловянные бронзы	1,2	1,4
Безоловянные бронзы	1,6-1,8	2,0-2,2
Цинковые латуни	1,5-1,7	1,8-2,0
Кремнистые латуни	1,6-1,7	1,7-1,8
Марганцевые латуни	1,8-2,0	2,0-2,3
Алюминиевые сплавы	0,8-1,0	1,0-1,2

## 2.8. Установление границ между стержнями, знаки стержней

С точки зрения упрощения технологического процесса, обеспечения удобств сборки форм и получения более точных размеров отливок желательно, чтобы внутренняя и наружная конфигурация выполнялась минимальным числом стержней.

При установлении границ между стержнями руководствуются следующими положениями:

-стержень должен иметь удобную плоскость для набивки, со стороны этой плоскости все части стержня должны быть доступны для набивки и установки каркасов и холодильников;

-поверхность, на которую устанавливается стержень при сушке, должна быть по возможности простой, желательно плоской;

-в целях получения более точных размеров стержня и удешевления стоимости стержневого ящика, желательно, чтобы ящик имел минимальное число



отъемных частей;

-при разделении стержня на куски особое внимание следует уделять обеспечению надежного вывода газов из стержня.

Части стержня, которыми он укрепляется в форме, называются знаками. В зависимости от расположения стержня различают горизонтальные и вертикальные знаки.

Размеры знаков стержней имеют большое значение. При слишком малом знаке может произойти обмятие формы и искажение размеров отливки под действием веса стержня. При больших размерах знака увеличивается размер формы.

Горизонтальные стержневые знаки выполняются без всякой конусности, одного диаметра со стержнем. Для того чтобы торец стержня не задирает форму, знак на модели делают или выпуклым или коническим с уклоном 3-10 град. Размеры знаков в зависимости от диаметра стержня приведены в ГОСТ 3212-92.

Знаки односторонне закрепленных стержней (консольных) должны иметь такие размеры, при которых предотвращается опрокидывание стержня при установке в форму и выворачивание его жидким металлом при заливке формы.

Консольное закрепление стержней можно применять в тех случаях, когда свешивающаяся часть стержня ( $L$ ) не превосходит  $1,2D$  диаметра. При большом отношении  $L: D$  необходимо дополнительная опора для выступающей части.

Ширина знаков консольных стержней назначается в соответствии с шириной выходного отверстия отливки, выполняемого данным стержнем. Длина знака выбирается исходя из условий устойчивости стержня в форме.

Сведения об установке границ между стержнями, выборе размеров знаков стержней, формовочных уклонов и припусков на механическую обработку приведено в литературе [1, 2, 3, 5].

## **2.9. Определение размеров и геометрической формы прибылей**

Основным назначением прибыли является восполнение убыли жидкого металла, питание отливки в период кристаллизации и вывод усадочных раковин за пределы отливки. Как правило, прибыли устанавливаются над наиболее массовыми узлами отливки. В тех случаях, когда тело отливки имеет одинаковую толщину, прибыли следует устанавливать с промежутками равными или меньшими протяженности прибыли.

Эффективная работа прибыли зависит от ее объема и формы. Во всех случаях прибыль должна затвердевать позже отливки, поэтому приведенная толщина ее (отношение объема к поверхности охлаждения) не должна быть меньше приведенной толщины отливки или питаемого прибылью узла при равных условиях охлаждения.

Шаровидные или сфероидальные прибыли имеют по сравнению с открытыми прибылями то преимущество, что отношение наружной поверхности прибыли к площади ее сечения минимально, а высота не связана с высотой опок. При расчете прибылей можно пользоваться и другими методами: методом Воломского, Уралмашзавода; методом Пржибыла и др.

## **2.10. Наружные и внутренние холодильники**

Установка холодильников ускоряет охлаждение тепловых узлов, что часто бывает необходимо для обеспечения направленного или объемного затвердевания отливки. Ускоряя охлаждение узла, холодильник предотвращает образование в нем усадочной раковины, так как узел успевает пропитаться за счет позднее затвердевающих частей отливки.

Ускорение охлаждения массивных сечений отливок холодильниками, способствуя выравниванию скорости охлаждения, приводит к уменьшению внутренних напряжений, снижению коробления отливки и снижению опасности образования трещин.

Со сведениями об организации питания отливок, обеспечении направленного затвердевания, определения узлов питания, расчеты и конструкция

элементов литниковой системы, прибылей, холодильников можно найти в литературе [1, 2, 3].

### **2.11. Конструирование и расчет литниковых систем**

Проектирование литниковой системы является важным этапом технологического процесса и оказывает значительное влияние на качество и свойства получаемых отливок. Выбором типа подвода металла и регулированием его потоков при заполнении формы можно создавать необходимый режим охлаждения отливки.

Литниковая система должна отвечать следующим требованиям:

- заполнять форму металлом за короткий временной промежуток, достаточный для покрытия металлом развитых горизонтальных поверхностей;
- при заливке металла питатели должны располагаться так, чтобы струя не ударяла в стенку формы или стержня, а растекалась по направлению стенки;
- уровень металла в форме в процессе заливки не должен иметь продолжительных остановок;
- части стержней, в которых расположены вентиляционные каналы, не должны перегреваться потоком заливаемого металла.

Определение времени заполнения формы является наиболее важной частью расчета литниковой системы, так как оно в наибольшей степени влияет на возникновение такого дефекта как «неслитина».

Определение времени заполнения формы является наиболее важной частью расчета литниковой системы, так как оно в наибольшей степени влияет на возникновение такого дефекта как «неспай».

## **2.12. Приготовление литейных сплавов, заливка форм и обработка отливок**

Для изготовления отливок используют черные (на основе железа) и цветные сплавы, в состав которых могут входить в разных сочетаниях и количествах более 40 химических элементов [2].

Существуют различные классификационные признаки сплавов: химический состав, структура, температура плавления, плотность, прочность и др.

Литейные сплавы очень разнообразны по составу, свойствам и назначению [2-4]. Основное, что объединяет их - это литейный метод получения деталей, который определяет ряд важнейших особенностей химического состава и строения сплавов. Поэтому литейные сплавы в отличие от деформируемых обладают специальными свойствами: высокой жидкотекучестью, способностью формировать в большинстве случаев окончательную структуру в отливке непосредственно в процессе кристаллизации, относительно малой объемной и линейной усадкой.

При любом виде литейной технологии обязательными этапами являются приготовление сплава в жидком состоянии (плавка), заливка его в форму, а затем кристаллизация в виде отливки.

Главной особенностью плавки литейных сплавов является то, что требуемые свойства должны быть получены в отливке сразу, без последующего металлургического передела (прокатки,ковки и т.д.).

Исходными материалами для плавки литейных сплавов служат не руды, как в металлургии, а металлы и сплавы, которые являются либо продуктами металлургической плавки, либо вторичными металлами (металлический лом), либо продуктами переплава лома.

В плавильный агрегат загружают твердые материалы, а получают металлические расплавы, а также шлак, являющийся побочным продуктом плавки. Смесь твердых материалов, загружаемых в плавильный агрегат, называют шихтой. Для создания определенных условий формирования сплава в

плавильный агрегат загружают также флюсы, т.е. материалы, используемые для образования шлака, регулирования его состава, а также состава металла и его очистки (рафинирования).

Во всех процессах плавки участвует газовая фаза, которая формируется из топливных газов (продуктов сгорания твердых, жидких или газообразных топлив), а также окружающей атмосферы и газов, образующихся в расплаве в результате протекающих химических реакций.

Внутреннее пространство плавильных печей, в котором протекает процесс плавки, ограничено огнеупорной футеровкой, способной выдерживать температуры до 1500...1800 °С. В зависимости от вида получаемого сплава футеровка может быть кислой (динасовая), основной (магнезитовая), нейтральной (хромомagneзитовая). Это определяется основностью получаемых при плавке шлаков.

Совокупность физических и химических закономерностей, лежащих в основе процессов, обеспечивающих получение жидкого сплава требуемого качества, определяет метод плавки, связанный с применением определенного вида плавильных печей [4]. Схемы системного анализа плавки и классификация процессов плавки представлены на рис. 2.2 и 2.3.

Следует отметить, что внепечная обработка расплава (см. рис. 2.3) направлена в основном на его рафинирование, модифицирование, доводку температуры и реже на ввод легирующих элементов. Схема процессов обработки литейных сплавов в жидком состоянии приведена на рис. 2.4.

В зависимости от стадийности все существующие процессы плавки разделяют на монопроцессы и полипроцессы. В первом случае все операции плавки производятся в одном плавильном агрегате, а при полипроцессе в двух или нескольких агрегатах, например, сначала в вагранке, а затем в дуговой электропечи.

По способу генерации теплоты различают процессы плавки в топливных и в электрических печах.

Процессы плавки могут быть непрерывными, при которых операции загрузки шихты и выпуска металла происходят одновременно, например плавка в вагранке, и периодическими, при которых одновременное проведение этих операций невозможно, например плавка в дуговых электропечах.

Источник генерации теплоты может находиться в контакте с регенерирующими при плавке фазами или быть изолированным от них. В связи с этим различают контактные и бесконтактные методы плавки. Характерной особенностью бесконтактных методов плавки является наличие холодных шлаков, которые не нагреваются от источника генерации теплоты.

Особую группу составляют переплавные процессы (см. рис. 2.3), состоящие в переплаве исходного слитка (а не шихты, как обычно) в отливку. При этом возможен переплав непосредственно в отливку, т.е. формирование отливки в процессе плавки (непрерывная разливка), или переплав с заливкой в форму, в процессе которой сплав формируется в отливку.

Все плавильные агрегаты можно классифицировать на следующие типы:

- 1) бестопливные, к которым относится конвертор;
- 2) топливные - это вагранки, пламенные ванны и тигельные печи. Топливом служат кокс, природный газ, доменный газ, мазут;
- 3) электрические - это дуговые, плазменные, индукционные тигельные и канальные печи, ванны и тигельные печи сопротивления;
- 4) комбинированные, к которым относятся плазменно-дуговые, электрошлаковые, плазменно-индукционные печи.

Характерным представителем бесконтактного метода плавки являются тигельные печи.

Основными параметрами плавильных агрегатов являются удельные мощность и производительность. При плавке литейных сплавов в состав шихты входят: первичные и вторичные металлы, специально приготовленные ферросплавы (для чугунов и сталей), лигатуры для цветных сплавов и чугунов, модификаторы, флюсы и топливо (твердое).

Составляющие шихты называют шихтовыми материалами или компонентами шихты. В качестве основы металлических шихтовых материалов используются первичные и вторичные черные и цветные металлы и сплавы, ферросплавы и лигатуры.

Составы металлических шихтовых материалов, их классификация по маркам, видам, классам, группам, сортности, ГОСТы на них, а также составы, марки, свойства флюсов и огнеупоров подробно приведены в работах [2-4].

Составление и расчет шихты производится, исходя из требуемого химического состава выплавляемого сплава и имеющихся шихтовых материалов.

В общем случае в шихте содержится  $n$  компонентов, каждый из которых имеет определенную концентрацию  $i$ -го элемента  $K_i$ , т.е. множество концентраций  $i$ -го элемента

$$M_{K_i} = \{ K_{i_{(1)}}, \dots, K_{i_{(n)}} \}.$$

Задачей расчета расплава шихты является определение массовой доли каждого из компонентов шихты, т.е.  $X_1, X_2, \dots, X_n$ .

Следует иметь в виду, что концентрация элемента в процессе плавки изменяется, так как происходит либо угар (убыль), либо пригар (прибыль) элемента, и это необходимо учитывать при расчетах.

Среднее необходимое содержание  $i$ -го элемента в шихте  $K_{i(ш)}$  определяется по формуле

$$K_{i(ш)} = K_{i(ж)} [100 / (100 \pm Y_i)], \quad (2.1)$$

где  $K_{i(ж)}$  - требуемое содержание  $i$ -го элемента в жидком сплаве;

$Y_i$  - угар (-), пригар (+)  $i$ -го элемента в % от первоначального содержания во время плавки.

Этот расчет можно производить тремя методами: графическим, аналитическим и методом подбора путем решения системы линейных уравнений:

$$\left. \begin{aligned} X_1 K_{1(1)} + X_2 K_{1(2)} + \dots + X_n K_{1(n)} &= K_{1(w)}; \\ X_1 K_{P(1)} + X_2 K_{P(2)} + \dots + X_n K_{P(n)} &= K_{P(w)}; \\ X_1 + X_2 + \dots + X_n &= 1. \end{aligned} \right\} \quad (2.2)$$

Здесь индекс «Р» указывает число расчетных элементов шихты.

Чаще всего при расчетах применяют метод подбора. Такую систему легко решить с помощью ЭВМ. При этом решение данной задачи целесообразно совместить с задачей ее оптимизации, что легко выполняется методом линейного программирования [5]. При этом в систему вводят ограничения и каждое уравнение системы представляют в виде неравенств

$$\left. \begin{aligned} X_1 K_{1(1)} + X_2 K_{1(2)} + \dots + X_n K_{1(n)} &\leq K_{1(w)}^B; \\ X_1 K_{1(1)} + X_2 K_{1(2)} + \dots + X_n K_{1(n)} &\geq K_{1(w)}^n. \end{aligned} \right\} \quad (2.3)$$

Здесь  $K_{i(w)}^B$  и  $K_{i(w)}^H$  - соответственно верхний и нижний пределы содержания данного элемента в шихте.

Критерием оптимизации обычно служит стоимость шихты.

Тогда оптимизация сводится к отысканию минимума функционала

$$Z_{\min} = \sum_{j=1}^n X_j C_j, \quad (2.4)$$

где  $C_j$  - цена  $j$ -го компонента шихты;  $X_j$  - его содержание в шихте.

Результаты расчета состава шихты записывают в виде табл. 2.1.

Для более полного анализа процесса плавки в ряде случаев проводят расчет ее материального баланса и на его основе расчет теплового баланса.

В табл. 5 и 6 приведены примеры составов металлических шихт для разных марок сталей, чугунов, алюминиевых и медных сплавов.



Таблица 5 -Расчет шихты методом подбора

Показатели расчета шихты	Содержание компонентов шихты, % по массе	Элемент i, где i = 1, 2, ..., n	
		Содержание шихты в компоненте	Вносится с шихтой
Компонент j*, где j = 1, 2, ..., n	X <sub>j</sub>	K <sub>i(n)</sub>	$a_i = \frac{K_{i(n)} X_n}{100}$
Итого в шихте	100 %	-	$\sum_1^n a_i = K_{i(u)} \pm y_i$
Угар (-), пригар (+), % от первоначального содержания элемента	-	-	
Итого в жидком сплаве	-	-	$K_{i(ж)} = K_{i(u)} \times \frac{100 \pm y_i}{100}$

\* Сплавы в чушках, возврат, лом и др.

Таблица 6 - Состав компонентов металлической шихты для стали 40ЛГОСТ 977-88 при выплавке в дуговой электропечи

Химический состав стали, % масс.				
С	Mn	Si	S	P
0,37...0,45	0,45...0,90	0,20...0,52	≤ 0,035	≤ 0,035
Состав шихты				
Компоненты			Содержание, % масс.	
1. Возврат собственного производства			30,0	
2. Лом стальной марки 3А ГОСТ 2787-86			63,86	
3. Чугун передельный марки П2 ГОСТ 805-80			4,39	
4. Ферросилиций марки ФС65 ГОСТ 1415-78			0,63	
5. Ферромарганец марки ФМн78 ГОСТ 4755-91			1,12	
			100 %	

Таблица 7 -Состав компонентов металлической шихты для стали 40ХН2Л  
ГОСТ 977-88 при выплавке в электродуговой печи

Химический состав стали, % масс.						
C	Mn	Si	Cr	Ni	S	P
0,35...0,45	0,6...0,9	0,2...0,5	0,4...0,7	1,6...2,0	≤ 0,045	≤ 0,045
Состав шихты						
Компоненты				Содержание, % масс.		
1. Возврат собственного производства				30,0		
2. Лом стальной марки 2А ГОСТ 2787-86				61,22		
3. Чугун перекдельный марки П1 ГОСТ 805-80				5,82		
4. Ферросилиций марки ФС65 ГОСТ 1415-78				0,57		
5. Ферромарганец марки ФМн78 ГОСТ 4755-91				0,78		
6. Феррохром марки ФХ800Б ГОСТ 4757-91				0,47		
7. Никель марки НЗ ГОСТ 849-70				1,14		
				100 %		

Таблица 8 - Состав компонентов металлической шихты для серого чугуна  
СЧ20ГОСТ 1412-85 при выплавке в вагранке

Химический состав чугуна, % масс.				
C	Si	Mn	S	P
3,1...3,3	1,7...2,0	0,8...1,1	≤ 0,1	≤ 0,25
Состав шихты				
Компоненты			Содержание, % масс.	
1. Литейный чугун марки Л5 ГОСТ 4832-80			24,58	
2. Чугун перекдельный марки ПЛ1 ГОСТ 805-80			15,0	
3. Стружка чугунная			10,0	
4. Возврат собственного производства			27,0	
5. Лом стальной марки 3А ГОСТ 2787-86			20,0	
6. Ферросилиций марки ФС20Л ГОСТ 1415-78			3,42	
			100 %	

Таблица 9 - Состав компонентов металлической шихты для оловянистой бронзы Бр.03Ц7С5Н1 ГОСТ 613-79 при выплавке в дуговой электропечи барабанного типа ДМК-0,5

Химический состав Бр. 03Ц7С5Н1, % масс.						
Sn	Zn	Pb	Ni	Cu	Al	Si
2,6...4,0	6,0...9,0	4,0...7,0	0,5...2,0	остальн.	≤ 0,02	≤ 0,02
Состав шихты						
Компоненты				Содержание, % масс.		
1. Олово марки 01 ГОСТ 860-75				1,52		
2. Цинк марки Ц2 ГОСТ 3640-79				3,30		
3. Свинец марки С3 ГОСТ 3778-77Е				2,87		
4. Медь марки М3 ГОСТ 859-78				42,37		
5. Никель марки Н4 ГОСТ 849-70				0,49		
6. Возврат собственного производства				19,78		
7. Бронза Бр.03Ц8С4Н1 в чушках ГОСТ 614-73				29,67		
				100 %		

Таблица 10 -Состав компонентов металлической шихты для алюминиевого сплава АЛ5 ГОСТ 2685-75 при выплавке в тигельной электропечи

Химический состав АЛ5, % масс.				
Mg	Si	Cu	Fe	Mn
0,35...0,6	4,5...5,5	1,0...1,5	< 1,0	< 0,5
Состав шихты				
Компоненты			Содержание, % масс.	
1. Алюминий в чушках марки А85 ГОСТ 11069-74			54,96	
2. Силумин в чушках марки СИЛ-1 ГОСТ 1521-76			38,46	
3. Лигатура алюминивно-магниева (10 % Mg, 90 % Al)			4,08	
4. Лигатура алюминивно-медная (50% Cu, 50% Al)			2,5	
			100 %	

Заливку жидких сплавов в литейную форму осуществляют с помощью ковшей. Ковши перемещают грузоподъемным оборудованием или вручную с помощью специальных приспособлений. Metallоемкость ковшей может быть от нескольких килограммов до нескольких десятков тонн. По конструкции ковши подразделяют на чайниковые, конические, барабанные и стопорные.

Таблица 11 - Время заполнения формы в зависимости от веса отливки

Вес отливки, кг	Время заливки (сталь), с	Вес отливки, кг	Время заливки (чугун), с
100	9-12	3	3,0-4,5
400	40-50	5	4,0-5,8
1000	50-80	7	4,8-6,9
4000	100-160	20	8,0-11,6
6000	120-200	50	12,7-18,4
9000	150-235	100	18,0-26,2
		200	25,0-37,0
		500	40,0-58,0
		1000	57,0-82,0

Температура заливки (табл.12) зависит от вида сплава, массы и габарита отливки, толщины ее стенок. Причем температура расплава при выпуске из плавильной печи должна быть на 30...100 °С выше температуры его заливки в форму. При этом надо учитывать, что чем выше металлоемкость ковша, тем ниже скорость снижения температуры расплава в ковше во времени [1].

Перед заливкой металла ковш предварительно подогревают до 700...1000 °С с помощью газовых горелок.

Таблица 12 -Рекомендуемые температуры разливки сплавов

Характеристика отливок и марка сплава	Температура расплава	
	При выпуске из плавильной печи, °С	При заливке литейных форм, °С, не ниже
Серый чугун (СЧ10-СЧ15)		
Мелкие	1350	1300
Средние	1340	1280
Крупные, очень крупные	1300	1250
Тонкостенные (средние, крупные, очень крупные)	1360	1340
Серый чугун (СЧ20-СЧ35)		
Мелкие	1360	1320
Средние	1340	1300
Крупные, очень крупные	1280	1240
Тонкостенные (средние, крупные, очень крупные)	1370	1350
Высокопрочный чугун		
Преобладающая толщина стенок, мм:		
6-20	1400	1350
> 20	1450	1300
Ковкий чугун		
Преобладающая толщина стенок, мм:		

До 4	1480	1380
4-10	1450	1350
10-20	1430	1350
> 20	1410	1320
Углеродистая и низколегированная стали		
Мелкие, средние	1590	1540
Крупные, очень крупные	1580	1530
Тонкостенные (мелкие и средние)	1600	1550
Высоколегированная сталь		
Мелкие, средние	1600	1580
Крупные, очень крупные	1590	1560
Тонкостенные (мелкие и средние)	1620	1590
Алюминиевые сплавы		
АЛ1	780	720
АЛ4	770	730
АЛ10	750	690
Характеристика отливок и марка сплава	Температура расплава	
	При выпуске из плавильной печи, °С	При заливке литейных форм, °С, не ниже
Прочие	770	640
Оловянная бронза		
Преобладающая толщина стенок, мм:		
До 10	1170	1150
10...20	1150	1100
Алюминиевая бронза		
Преобладающая толщина стенок, мм:		
До 10	1150	1100
Кремнистая латунь		
Преобладающая толщина стенок, мм:		
До 10	1130	1100
> 10	1080	1050

*Примечание.* Толстостенные отливки неответственного назначения из серого чугуна допускается заливать при температуре не ниже 1270 °С, отливки из магниевых сплавов - при 720...780 °С.

После заполнения формы расплавом отливки охлаждают в ней до определенной температуры. Время охлаждения зависит от типа сплава, массы и размера отливки, ее сложности, толщины стенок отливки [1]. Например, время охлаждения стальных отливок на 15...20 % больше, чем однотипных чугунных.

При достижении требуемой температуры отливки выбивают из разовых литейных форм, а из многократных металлических форм их удаляют с помощью толкателей.

Выбивку отливок из песчаных форм осуществляют на выбивных решетках с различной грузоподъемностью [1, 6]. Песчаные стержни из отливок выбивают в галтовочных барабанах, а также в гидрокамерах, электрогидроустановках, реже - на вибрационных машинах [1, 6].

После выбивки отливки подвергают очистке, чтобы удалить с поверхности пригар, остатки формовочной и стержневой смеси. Отливки на очистку подают без стержневых каркасов, литников и выпоров. Основным способом очистки является дробеметная обработка, которой подвергается порядка 80 % производимых отливок [1, 6]. Некоторые отливки очищают и в галтовочных барабанах.

Для очистки труднодоступных полостей используют дробеструйные и пескоструйные аппараты. Находят также применение установки виброабразивной и электрохимической очистки отливок.

Наиболее трудоемкой и тяжелой операцией в литейном производстве является обрубка и зачистка отливок. В основном это ручной труд. При обрубке от отливок отделяют элементы литниковой системы, прибыли, заливы, всевозможные неровности поверхностей отливок. Для этого используют пневматические зубила, гидравлические клинья, газовую и плазменную резку, электрическую дугу. В производстве отливок из цветных сплавов для этого используют ленточные и дисковые пилы.

Зачистку отливок выполняют шлифовальными машинами и другим обдирочно-шлифовальным оборудованием.

Перед отправкой потребителю готовые отливки грунтуют для защиты их от коррозии путем нанесения на их поверхность специальных лакокрасочных покрытий типа ГФ-020, ГФ-032, ФЛ-03К и др.

Перед нанесением грунтовки отливки промывают и обезжиривают в органических растворителях или в щелочных растворах. Слой грунтовки наносят окунанием или краскораспылителем, а затем подвергают сушке при 18...23 °С. Эффективно также применение установок безвоздушного нанесения

грунтовок (УБР), позволяющих на 25 % сократить расход грунтовок, повысить производительность и улучшить санитарно-гигиенические условия труда.

Со сведениями об организации питания отливок, обеспечении направленного затвердевания, определения узлов питания, расчеты и конструкция элементов литниковой системы, прибылей, холодильников приведены в литературных источниках [1, 2, 4, 5, 8].

## **12. Оформление размеченного чертежа**

Основным руководящим техническим документом при изготовлении модельного комплекта, литейной формы и приемке отливки служит размеченный чертеж.

К оформлению размеченного чертежа предъявляются требования, позволяющие получать подробные указания по всем вопросам выполнения технологического процесса.

Наносить технологию на чертеж следует согласно ГОСТ 3.1125-88.

## **13. Порядок составления карты технологического процесса литья**

Технологическая карта разрабатывается в соответствии с ГОСТ 3.1422-74 (форма 1 и 5) и содержит необходимые сведения и указания по вопросам изготовления, сборке и заливке литейной формы, режимам термообработки и охлаждения отливки.

Технологическую карту используют совместно с размеченным чертежом. При машинном способе формовки к размеченному чертежу прилагают схему расположения моделей на модельной плите, выполненную в масштабе.

Для разработки схемы вычерчивают макет отливки в масштабе с учетом усадки, припусков на механическую обработку, формовочных уклонов, размеров стержневых знаков и технологических пополнений.

Рассчитанную литниковую систему изображают на схеме в двух проекциях. Сечения элементов литниковой системы выносят отдельно в левый нижний угол схемы.

Заполняют графы технологической карты в соответствии с ГОСТ 3.1422-

74 и стандартом предприятия.



## РАЗДЕЛ III. МОДЕЛЬНЫЕ КОМПЛЕКТЫ

### 3.1. Классификация модельных комплектов

Для изготовления отливок применяют большое число различных приспособлений, которые называют *литейной оснасткой*.

Часть оснастки, включающая все приспособления, необходимые для получения в форме отпечатка модели отливки, называют *модельным комплектом*.

Модельный комплект состоит из моделей отливки и элементов литниковой системы, стержневых ящиков, модельных плит для установки и крепления моделей отливки и литниковой системы, сушильных плит, приспособлений для доводки и контроля форм и стержней.

Понятие «модельный комплект» нельзя путать с понятием «формовочный комплект», который включает полный комплект оснастки, необходимый для получения разовой формы.

Модельный комплект должен удовлетворять следующим основным требованиям:

- обеспечивать получение отливки определенной геометрической формы и размеров;
- обладать высокой прочностью и долговечностью;
- быть технологичными при изготовлении;
- иметь минимальную массу и быть удобным в эксплуатации;
- иметь минимальную стоимость;
- сохранять точность размеров, прочность в течение определенного срока эксплуатации.

Требуемые точность, прочность и долговечность модельного комплекта зависят от условий производства: единичного, серийного, массового. В единичном и мелкосерийном производстве чаще всего используют деревянные модельные комплекты; в массовом и крупносерийном – металлические модельные комплекты, которые хотя и дороже, но значительно долговечнее деревянных. В серийном производстве во многих случаях применяют также модели из пластмасс.

Модельные комплекты классифицируют по способу изготовления литейной формы, габаритным размерам, сложности конструкции и роду материалов.

### **3.2. Выбор материала для изготовления модельного комплекта**

Древесина - сравнительно дешевый материал, обладает достаточной прочностью, легко обрабатывается, хорошо склеивается, скрепляется гвоздями, шурупами, что для модели очень важно. Для изготовления моделей используют древесину в виде готовых пиломатериалов - брусков и досок, высушенных до содержания влаги 8...12%.

Рабочую поверхность модели зачищают и шлифуют наждачной бумагой так, чтобы поверхность была гладкой и чистой. Чтобы избежать образования литейных дефектов в отливках, переходы на моделях от одной поверхности к другой выполняют плавными.

Деревянные модели для предохранения от влаги окрашивают и покрывают лаком, причем для отливок из чугуна модели красят в красный цвет, для отливок из стали - в серый, для цветных сплавов - в желтый. Знаковые части моделей всегда окрашивают в черный цвет.

Материалом для металлических моделей обычно служат алюминиевые сплавы или серый чугун. Широкое применение алюминиевых сплавов для модельных комплектов объясняется легкостью этих сплавов и хорошей коррозионной стойкостью.

Металлические модели значительно дороже деревянных. Поэтому их применяют для машинной формовки в крупносерийном и массовом производстве отливок, так как оправдываются затраты на их изготовление. Чтобы облегчить модель, толщину стенок делают минимальной, увеличивая прочность модели установкой ребер жесткости на нерабочей поверхности. Формовочные уклоны на металлических моделях делают меньшими, чем на деревянных.

Заготовки металлических модельных комплектов чаще всего получают литьем. Для этого также необходима модель, которую делают деревянной с учетом двойной усадки: металла модели и металла отливки.

Все большее применение находят пластмассовые модели на основе эпоксидных смол, которые имеют высокую механическую прочность и точность, не подвергаются короблению, разбуханию, усушке, коррозии, обладают малым коэффициентом прилипаемости и незначительной силой сцепления с формовочной и стержневой смесями.

Пластмассовые модельные комплекты изготавливают двух классов прочности [2]: I- для крупносерийного и серийного производства отливок; II - для мелкосерийного и единичного производства отливок. Пластмассовые модели получают несколькими способами: литьем с армированием и без армирования, контактным наплавлением из стеклоткани, прессованием. Основные конструктивные размеры пластмассовых модельных комплектов практически не отличаются от конструктивных размеров аналогичных модельных комплектов из алюминиевых сплавов.

В табл. 13 приведены данные [3], обуславливающие целесообразность применения материалов для моделей в зависимости от области применения и числа съёмов.

Таблица 13 - Материалы, применяемые для изготовления моделей

Материал	Область применения	Число съёмов, шт.	
		При ручной формовке	При машинной формовке
Дерево	Для моделей и стержневых ящиков любых размеров и сложности в единичном и мелкосерийном производстве	До 100	До 1000
Чугун СЧ15-СЧ25	Для моделей, стержневых ящиков, модельных и сушильных плит в крупносерийном и массовом производстве	-	До 10000
Сталь	То же	-	До 100000
Алюминиевые сплавы АЛ3В, АЛ7В, АЛ9В	Для моделей и стержневых ящиков в серийном и массовом производстве	До 30000	До 50000
Бронзы и латуни	Для мелких моделей и отъемных частей в серийном и массовом производстве	-	До 150000
Pb-Sb сплавы	Для мелких моделей в мелкосерийном	До 500	До 30000

	производстве		
Пластмасса	Для мелких и средних моделей в серийном производстве	До 500	До 1500
Полистирол	Для газифицированных моделей в единичном и серийном производстве	1	1

### 3.3. Классы прочности деревянных моделей

Деревянные модельные комплекты, предназначенные для изготовления литейных песчано-глинистых форм, подразделяют на три класса (ГОСТ 13354-81). Класс прочности модельного комплекта назначают при разработке литейной технологии в зависимости от типа производства и назначения отливок (табл.13).

Таблица 14 - Классы прочности модельных комплектов

Класс прочности	Область применения
I	Серийное и мелкосерийное (при повторяющихся периодических заказах) производство отливок
II	Серийное и мелкосерийное производство отливок единовременного заказа. Единичное производство крупных и геометрически сложных средних отливок
III	Единичное производство всех видов отливок

### 3.4. Классы точности и шероховатости металлических моделей

Металлические модельные комплекты имеют более высокую прочность, чем деревянные. При выборе материала для модельного комплекта нужно учитывать экономическую целесообразность и условия выполнения требований заказа. Металлические модели, стержневые ящики, модельные и сушильные плиты рекомендуется делать тонкостенными, усиливая их ребрами жесткости. Толщину стенок моделей и стержневых ящиков назначают по ГОСТ 13138-67 (табл. 15).

Таблица 15 - Номинальная толщина стенок металлических моделей и стержневых ящиков (ГОСТ 13138-67)

Средний габаритный	Алюминиевые сплавы	Чугун
--------------------	--------------------	-------

Для определения конструктивных размеров модельных комплектов в первую очередь необходимо учитывать припуски на механическую обработку отливки, усадку сплава отливки и формовочные уклоны.

Припуски на механическую обработку назначают по ГОСТР53464-2009. Этот ГОСТ распространяется на отливки из черных и цветных металлов и сплавов и регламентирует допуски на размеры, массу и припуски на механическую обработку. Стандарт соответствует международному стандарту ИСО 9000.

Классы точности размеров и масс отливок и ряды припусков на механическую обработку отливок, полученных различными способами литья, приведены в табл. 16.

Таблица 16 - Рекомендуемые классы точности размеров, масс и ряды припусков на механическую обработку отливок для различных способов литья (ГОСТР53464-2009)

Способ литья	Максимальный размер отливки, мм	Классы точности размеров и массы отливок и ряды припусков		
		Цветные сплавы $t_{пл}^0 < 700\text{ }^{\circ}\text{C}$	Цветные сплавы $t_{пл}^0 > 700\text{ }^{\circ}\text{C}$ и серый чугун	Ковкий, высокопрочный и легированный чугуны, сталь
Под давлением, выжиманием, вакуумным всасыванием	До 100	<u>3т – 5</u> 1	<u>3 – 6</u> 1	<u>4 – 7т</u> 1
	Более 100	<u>3 – 6</u> 1	<u>4 – 7т</u> 1	<u>5т – 7</u> 1
В керамические формы, по выплавляемым и выжигаемым моделям	До 100	<u>3 – 6</u> 1	<u>4 – 7т</u> 1 – 2	<u>5т – 7</u> 1 – 2
	Более 100	<u>4-7</u> 1-2	<u>5т-7</u> 1-2	<u>5-8</u> 1-2
В кокиль, под низким давлением и с песчаными стержнями, литье в формы, отверждаемые в контакте с оснасткой	До 100	<u>4-9</u> 1-2	<u>5т-10</u> 1-3	<u>5-11т</u> 1-3
	100...630	<u>5т – 10</u> 1 – 3	<u>5 – 11т</u> 1 – 3	<u>6 – 11</u> 2 – 4
	Более 630	<u>5 – 11т</u> 1 – 3	<u>6 – 11</u> 2 – 4	<u>7т – 12</u> 2 – 5
	До 630	<u>6 – 11</u> 2 – 4	<u>7т – 12</u> 2 – 4	<u>7 – 13т</u> 2 – 5

Литье песчаные формы (сырые и сухие), центробежное литье	630...4000	$\frac{7-12}{2-4}$	$\frac{8-13}{3-5}$	$\frac{9-13}{3-6}$
	Более 4000	$\frac{8-13}{3-5}$	$\frac{9-13}{3-6}$	$\frac{9-14}{4-6}$

*Примечание к табл. 15.* В числителе указаны классы точности размеров и масс, в знаменателе – ряды припусков. Меньшие их значения относятся к простым отливкам, изготовленным в условиях массового автоматизированного производства; большие – к сложным отливкам, изготовленным в условиях мелкосерийного и единичного производства; промежуточные – к отливкам средней сложности, изготовленным в условиях механизированного серийного производства. Классы точности масс следует принимать таким образом, чтобы они соответствовали классам точности отливок.

В табл. 17 приведены параметры шероховатости рабочих поверхностей модельного комплекта, которые определяются назначением поверхностей, способом изготовления форм и стержней.

Таблица 17 - Рекомендуемые параметры шероховатости рабочих поверхностей моделей

Назначение поверхности	Шероховатость поверхности, R <sub>a</sub>			
	Модели для форм		Модели стержневого ящика для формовки	
	песчано-глинистых	получаемых давлением	машинной и ручной	Пескодупной и пескоструйной
Рабочие I	5-2,5	-	5-2,5	-
Разъемы II	5-2,5	5-2,5	5-2,5	2,5-1,25
Сопрягаемые III	5-2,5	5-2,5	5-2,5	5-2,5
Установочные IV	10-5	10-5	20-10	5-2,5
Уплотнения V	-	-	10-5	2,5-1,25

Классы точности размеров отливок зависят от качества точности изготовления моделей на стержневых ящиках.

### 3.5. Типы рабочих поверхностей

Соответствие классов точности отливок и качеств точности размеров получаемых из них деталей приведено в табл. 18

Таблица 18 - Классы точности размеров отливок в зависимости от качества точности размеров обработанных деталей (ГОСТ Р 53464-2009)

Класс точности размеров отливок	1-3т	3-5т	5-7	7-9т	9-16
Качество точности размеров деталей, получаемых механической обработкой	1Т9 и грубее	1Т10 и грубее	1Т11 и грубее	1Т12 и грубее	1Т13 и грубее
	1Т8 и точнее	1Т8 - 1Т9	1Т9 - 1Т10	1Т9 - 1Т11	1Т10 - 1Т12

Дополнительный припуск на отливку, компенсирующий отклонение расположения элементов модели: коробление, смещение плоскости разъема, погрешность расположения обрабатываемой поверхности относительно базы обработки следует назначать, если наибольшее из предельных отклонений

расположения превышает половину допуска на соответствующий размер отливки. Общий припуск на механическую обработку следует устанавливать равным сумме основного и дополнительного припусков.

Влияние литейной усадки на размеры отливки обычно определяют в зависимости от вида сплава, конфигурации и размеров отливок. Данные по усадке сплавов приведены ранее в табл. 3.9.

В зависимости от требований, предъявляемых к поверхности отливки, формовочные уклоны следует выполнять:

- на обрабатываемых поверхностях отливки сверх припуска на механическую обработку за счет увеличения размеров отливки;
- на необрабатываемых поверхностях отливки, не сопрягаемой по контуру с другими деталями, за счет увеличения и уменьшения размеров отливки;
- на необрабатываемых поверхностях отливки, сопрягаемых по контуру с другими деталями, за счет уменьшения или увеличения размеров отливки в зависимости от поверхности сопряжения.

Металлические модельные плиты по назначению делят на плиты для точной формовки и для изготовления оболочковых форм. Конструкция плиты зависит от типа формовочной машины, конфигурации отливки и вида формы. Наиболее часто применяют односторонние плиты. Плиты должны иметь высокие жесткость и прочность, поэтому их изготавливают из чугуна и стали и предусматривают ребра жесткости.

При автоматической безопочной и горизонтально-стопочной формовке высокие требования предъявляются к перпендикулярности торцевых поверхностей модельных комплектов, которые проверяют специальными шаблонами. Несовпадение осей плит прессовой и противодействия должно быть не более 0,03 мм. Модели и элементы литниковой системы крепят к плите с помощью стандартных крепежных изделий таким образом, чтобы не нарушить очертание формообразующей поверхности.

### 3.6. Разделительные покрытия



В качестве разделительных покрытий применяют специальные составы или отдельные компоненты (минеральные масла, силиконовые жидкости, технический глицерин и др.). Продолжительность сушки разделительных составов зависит от относительной влажности воздуха, его температуры, скорости циркуляции и других причин. Разделительные составы наносят на поверхность кистью, пульверизатором или окунанием.

## Раздел IV. РАЗРАБОТКА ЧЕРТЕЖЕЙ

Графическая часть выполняется на листах формата А1 и содержит:

- элементы литейной формы – 1 лист;
- модельная оснастка – 2 листа;
- форма в сборе – 1 лист;
- стержневая оснастка – 1 лист.

### 4.1. Чертеж элементов литейной формы

Чертеж элементов литейной формы выполняется на рабочем чертеже детали по ГОСТу 3.1125-88. Над основной надписью или на свободном поле чертежа помещается дополнительный штамп, в одной из граф которого приводится наименование «Элементы литейной формы».

На чертеже обозначаются разъемы формы и модели, положение отливки в форме при заливке, припуски на механическую обработку, стержни, отъемные части модели, литниковая система, прибыли, холодильники, усадочные ребра, стяжки, технологические приливы, жеребейки и т.п. В технических требованиях записывается величина литейной усадки.

В условиях единичного производства отливок этот чертеж является единственным документом для изготовления оснастки и отливки. При серийном и массовом производстве по этому чертежу разрабатываются чертежи отливки, модельного комплекта и литейной формы.

### 4.2. Чертеж отливки

Чертеж отливки с техническими требованиями должен содержать все данные, необходимые для изготовления и приемки отливки. Выполняется чертеж в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД и ГОСТа 3.1125-88.

В графе 1 основной надписи чертежа под наименованием детали пишут «отливка». При вычерчивании отливки учитывают все припуски с указанием их величины. Внутренний контур обрабатываемых поверхностей, а также

отверстий, впадин и выточек, не выполняемых в отливке, вычерчивают сплошной тонкой линией.

Отливка на чертеже изображается такой, какой она выдается из литейного цеха. При этом остатки питателей, выпоров, прибылей и т.п., если они не удаляются полностью в литейном цехе, изображаются на чертеже отливки. Линия отрезки выполняется сплошной тонкой линией или волнистой тонкой линией в зависимости от способа резки или ломки.

Все технологические элементы, не удаляемые в литейном цехе, на чертеже отливки изображают полностью сплошной основной линией.

#### **4.3. Чертеж литейной формы**

Литейная форма на чертеже изображается в состоянии готовности к заливке (с установленными стержнями, холодильниками и т.п.). Графическое обозначение элементов формы выполняется по ГОСТу 3.1125-88.

Требования к чертежу формы общие для сборочных чертежей. Вид в плане на собранную форму выполняется при условно снятой верхней полуформе (полностью или частично). По выполненному чертежу должна быть ясна конструкция всей формы и отдельных ее элементов.

Конструкция опок регламентируется ГОСТами 2133-75, 8909-75, 14928-80, 14973-69...15022-69, 15491-70...15506-70, 17127-71...17132-71, 20024-74...20063-74. Конструктивное исполнение некоторых типов опок дано в работе [8].

#### **4.4. Чертежи модельного комплекта**

При выполнении курсового проекта студент обязан разработать конструкцию модельных плит для изготовления верхней и нижней полуформ или модели (при ручной формовке) и одного стержневого ящика (по согласованию с руководителем проекта).

Проектируя модельный комплект, необходимо увязывать его с технологическим процессом изготовления форм и стержней и конкретной

формовочной или стержневой машиной. Для формовочных или стержневых машин необходимо знать: наибольший допустимый размер опоки в свету и по высоте, расположение подъемных штифтов и размер протяжной рамки, способ крепления модельных плит или стержневых ящиков к столам машин, расположение и размеры зажимов, ход подъемных штифтов, протяжного механизма, прессующего поршня и некоторые другие данные.

Основой для проектирования модельного комплекта является чертеж элементов литейной формы. Во всех размерах моделей и ящиков, выполняющих отливку, необходимо при этом учесть припуски на усадку.

При конструировании модельного комплекта необходимо руководствоваться требованиями действующих ГОСТов. Предельные отклонения размеров деревянных и металлических моделей и стержневых ящиков регламентируются ГОСТами 11963-66 и 11961-66. Конструкции моделей и стержневых ящиков из дерева, пластмасс и металлов разрабатываются в соответствии с требованиями ГОСТов 13138-67, 13354-67, 12355-74, 19505-74, 19367-74...19410-74 и др. Конструкции модельных плит и крепление моделей на плитах - по ГОСТам 20084-74...20131-74, 20146-74...20175-74, 20340-74...20351-74. Некоторые сведения из указанных ГОСТов приведены в работе [8].

Чертежи модельных плит для изготовления верхней и нижней полуформ выполняются в соответствии с требованиями, предъявляемыми к сборочным чертежам. Все отдельно расположенные на плите элементы должны быть забазированы от осей плиты или центрирующего штыря (втулки). Размеры на модельных плитах даются по нормальному (не усадочному) метру.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Беляев С.В. Основы металлургического и литейного производства: учебное пособие/ С.В. Беляев, И.О. Леушин.- Ростов н/Дону: Феникс, 2020.-206 с.

2. Теория и технология литейного производства. В 2-х ч. Ч. 1. Формовочные материалы и смеси: Учеб. / Д.М. Кукуй и др. - М.: НИЦ Инфра-М; Мн.: Нов. знание, 2020. - 384 с.: ил.; - (Высшее образование)-Режим доступа-<http://znanium.com/catalog/product/389769>

3. Теория и технология литейного производства. В 2-х ч. Ч. 2. Технология изготовления отливок в разных формах: Учеб. / Д.М. Кукуй и др. - М.: НИЦ Инфра-М; Мн.: Нов. знание, 2020. - 406 с.: ил.; - (Высшее образование)-Режим доступа:<http://znanium.com/catalog/product/389768> /[znanium.com/catalog/product/](http://znanium.com/catalog/product/)

4. Константинов, И. Л. Основы технологических процессов обработки металлов давлением [Электронный ресурс] : учебник/ И. Л. Константинов, С. Б. Сидельников. - М.: ИНФРА-М, 2020. - 488 с. - (Высшее образование: Бакалавриат). – Режим доступа: [www.znanium.com](http://www.znanium.com).

5. Теория и технология литейного производства. В 2-х ч. Ч. 1. Формовочные материалы и смеси: Учеб. / Д.М. Кукуй и др. - М.: НИЦ Инфра-М; Мн.: Нов. знание, 2020. - 384 с.: ил.; - (Высшее образование)-Режим доступа-<http://znanium.com/catalog/product/389769>

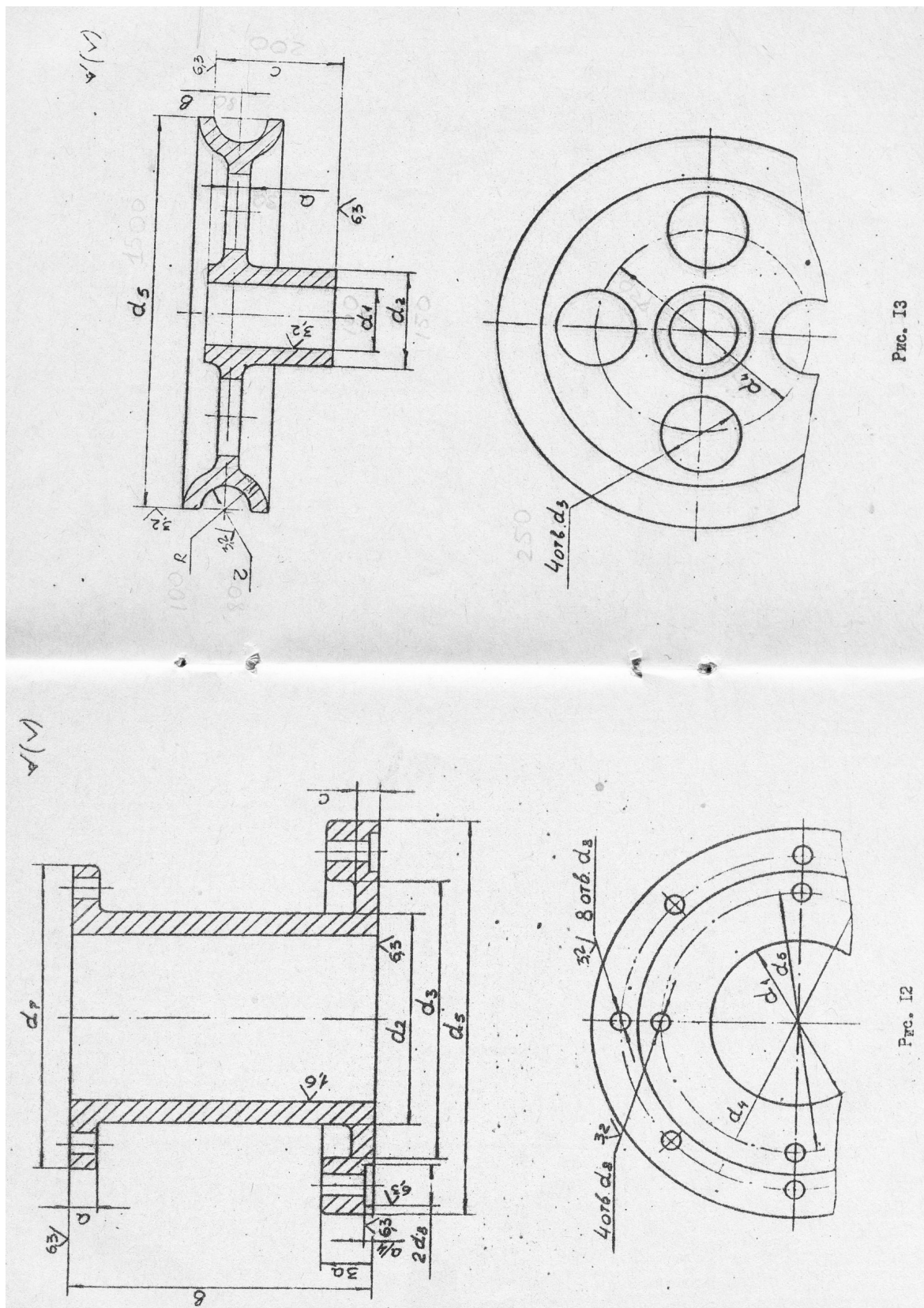
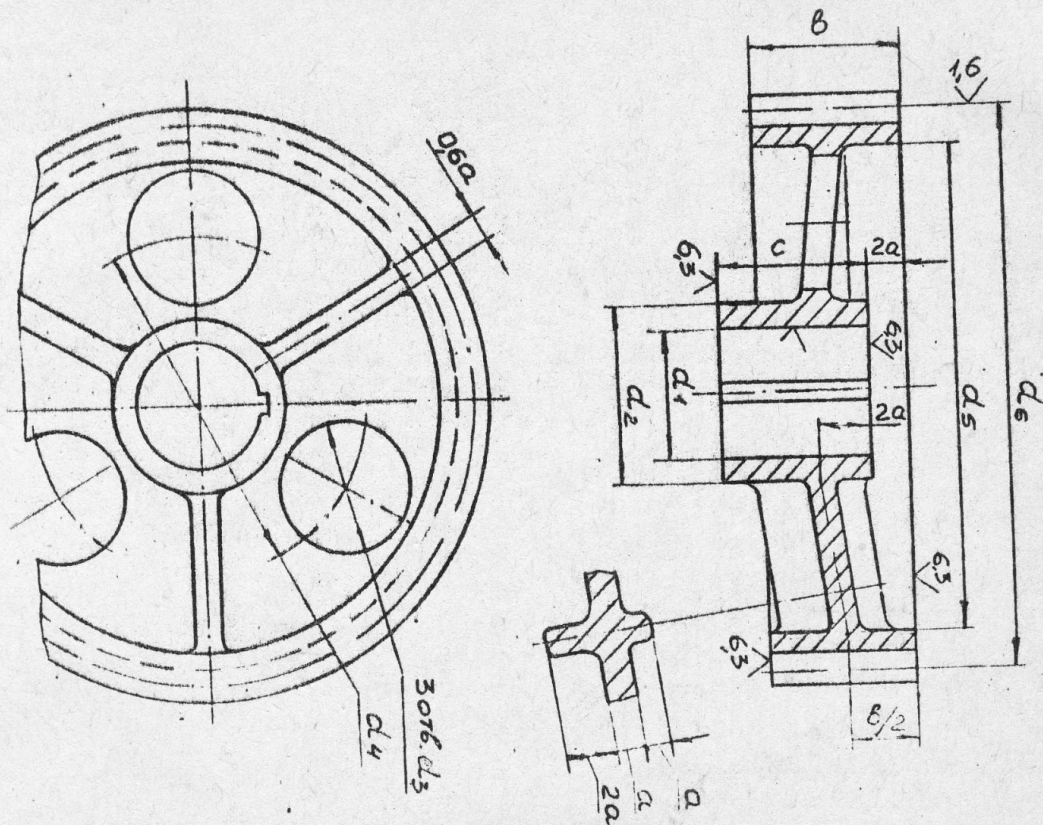


Рис. II



Варианты к рис.10

Номер варианта	Серийность, шт/год	a	b	c	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	d <sub>3</sub>	d <sub>4</sub>	d <sub>5</sub>	d <sub>6</sub>	d <sub>7</sub>	Неуказанные радиусы
1	30000	40	100	10	10	80	90	100	110	160	190	3...5
2	30000	50	300	20	50	80	90	105	150	280	400	5...10
3	150	200	550	30	30	300	320	330	500	620	700	5...10
4	3	200	1200	30	30	400	450	440	600	720	800	10...15

Примечания: 1. Материал детали - чугун СЧ20 (ГОСТ 1412-85).

2. Точность отливки 8-7 - вар. 1,2; 10-9 - вар. 3,4 (ГОСТ 26645-85).

Варианты к рис.11

Номер варианта	Серийность, шт/год	a	b	c	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	d <sub>3</sub>	d <sub>4</sub>	d <sub>5</sub>	d <sub>6</sub>	Модуль колеса	Неуказанные радиусы
1	30000	12	50	70	60	100	60	175	250	275	5	5...10
2	30000	20	100	100	100	150	80	250	350	395	8	10...15
3	150	25	200	250	100	160	150	380	600	660	10	10...15
4	2	30	300	400	150	300	500	950	1600	1780	20	15...20

Примечания: 1. Материал детали - сталь 35Л (ГОСТ 977-88).

2. Точность отливки 8-7 - вар. 1,2; 10-9 - вар. 3,4 (ГОСТ 26645-85).

Варианты к рис.8



Варианты к рис.8

Номер варианта	Серийность, шт/год	a	b	c	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	d <sub>3</sub>	d <sub>4</sub>	e	f	Неуказанные радиусы
1	50000	20	15	20	20	50	100	120	30	15	3...5
2	20000	40	30	40	80	110	300	330	100	30	3...5
3	150	100	50	80	150	200	680	720	150	60	5...10
4	2	100	30	40	80	110	300	330	150	80	5...10

Примечания: 1. Материал детали - чугун СЧ20 (ГОСТ 1412-85).

2. Точность отливки 8-7 - вар. 1,2; 10-9 - вар. 3,4 (ГОСТ 26645-85).

Варианты к рис.9

Номер варианта	Серийность, шт/год	a	b	c	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	d <sub>3</sub>	d <sub>4</sub>	d <sub>5</sub>	L	R	Неуказанные радиусы
1	40000	80	8	4	8	60	75	90	105	160	50	3...5
2	25000	120	12	6	10	120	140	170	200	400	100	5...10
3	150	400	20	8	22	300	340	400	450	1000	400	5...10
4	3	100	12	4	10	120	140	175	200	500	100	5...10
5	60000	100	12	4	10	100	120	140	155	250	80	3...5

Примечания: 1. Материал детали - чугун СЧ20 (ГОСТ 1412-85) - вар.1-3; АК7 (ГОСТ 1581-85) - вар. 4,5.

2. Точность отливки 8-7 - вар. 1,2,5; 10-9 - вар. 3,4 (ГОСТ 26645-85).

Рис. 10

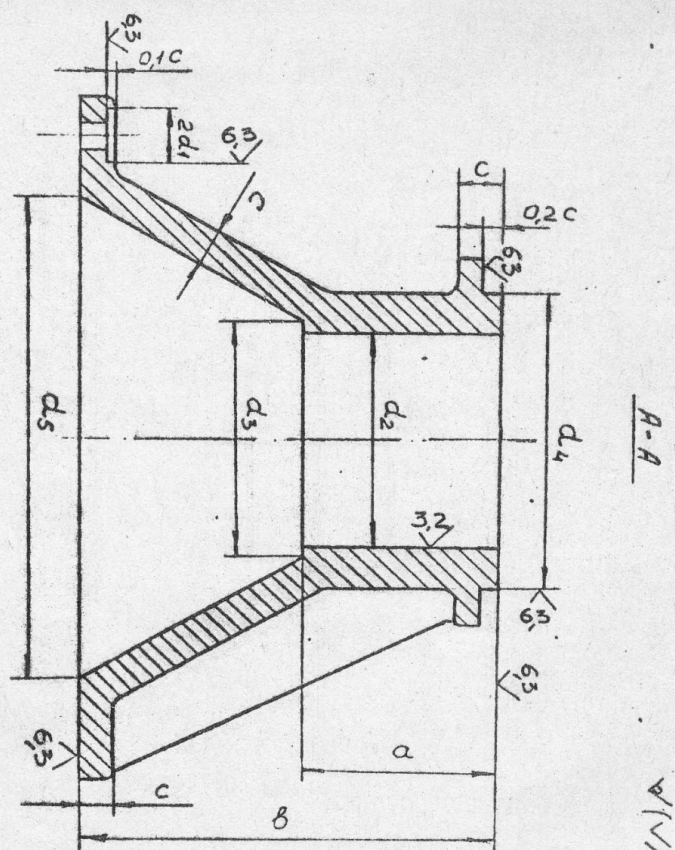
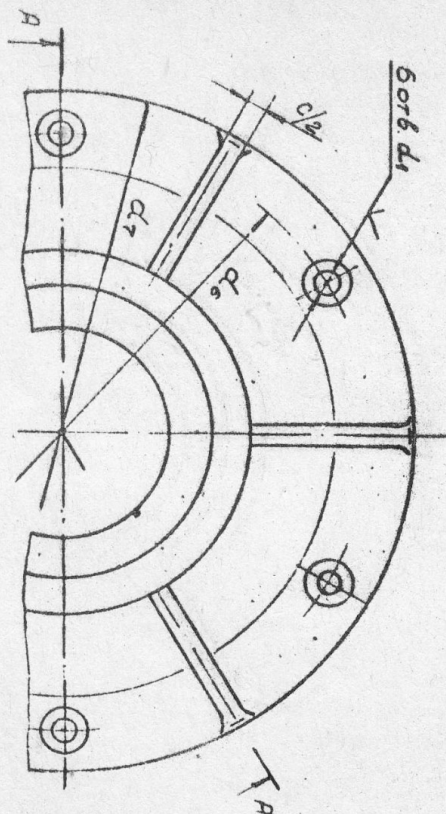
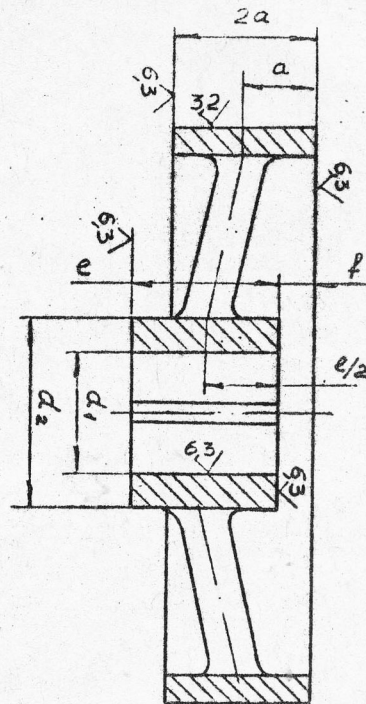
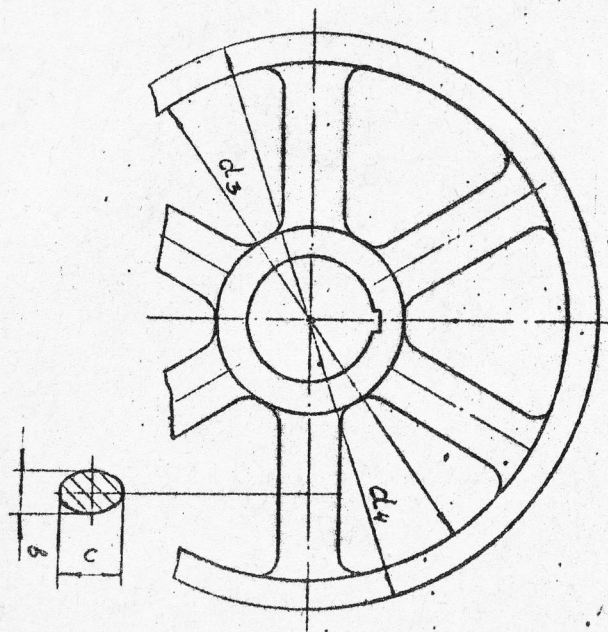
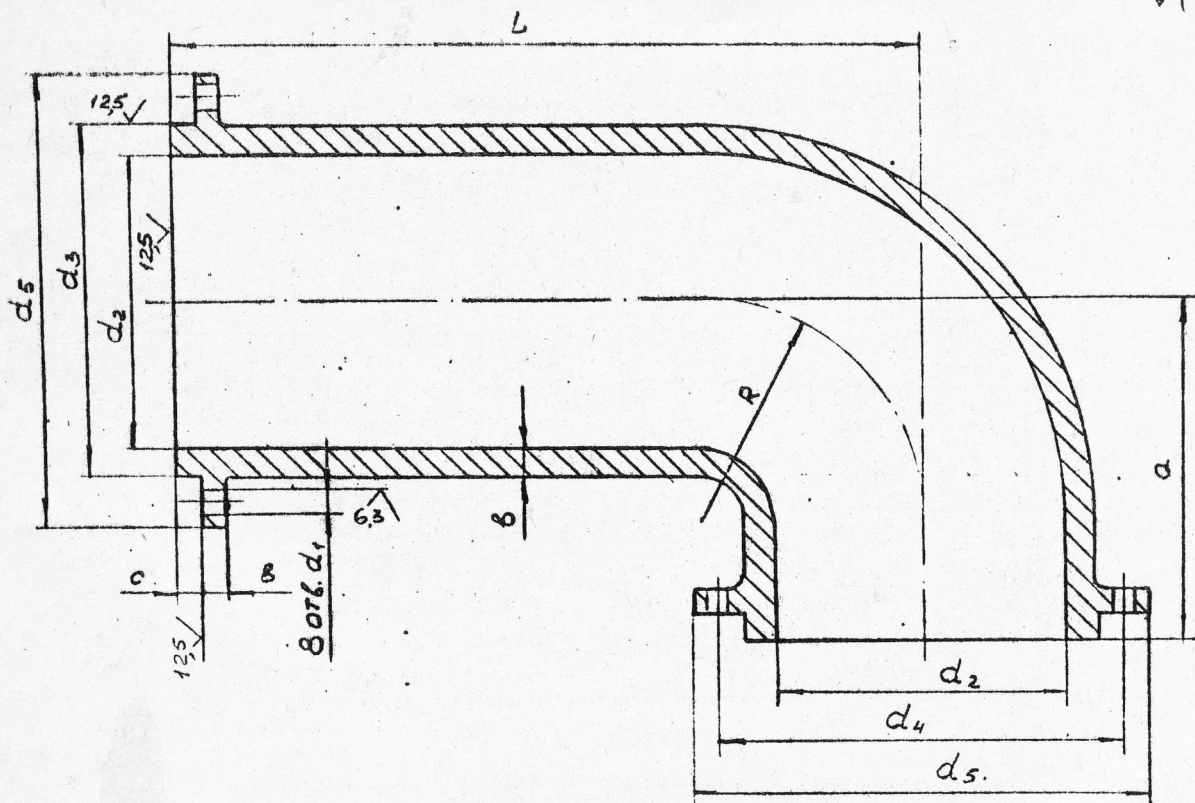




Fig. 8

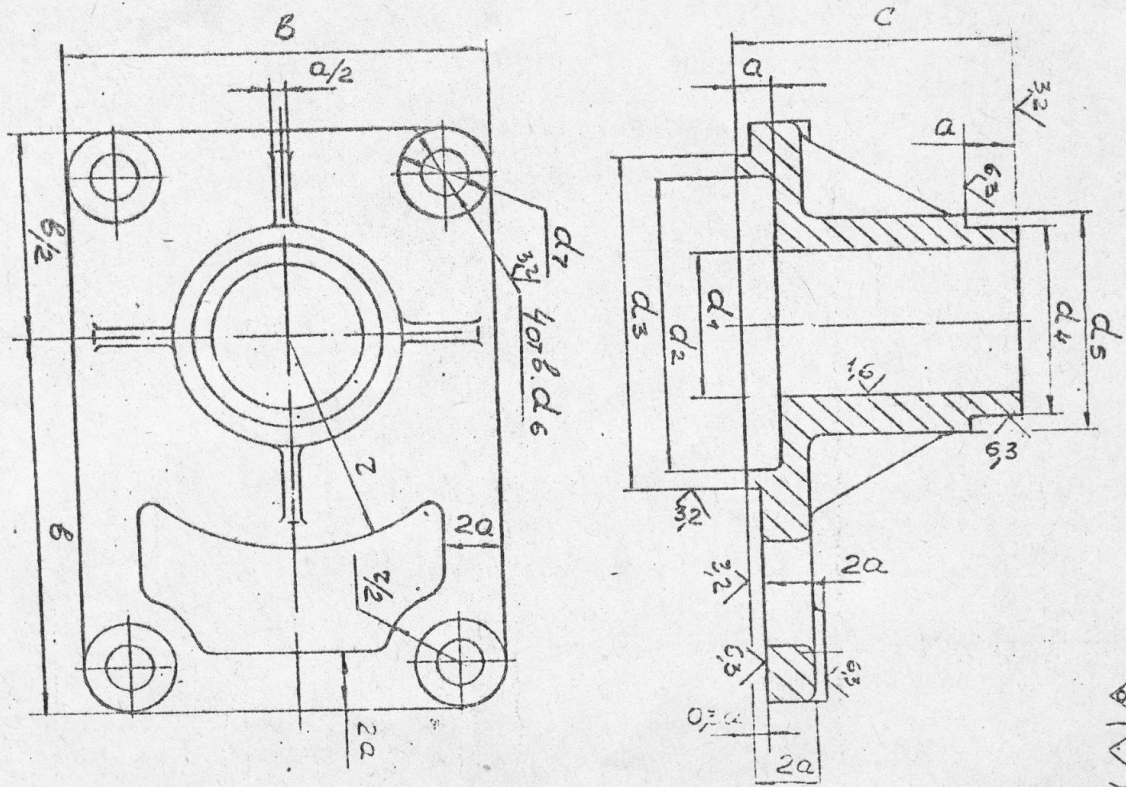


(✓)A



(✓)A

Рис. 27



Варианты к рис.26

Номер- вари- анта	Серий- ность, шт/год	a	b	c	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	d <sub>3</sub>	d <sub>4</sub>	d <sub>5</sub>	d <sub>6</sub>	d <sub>7</sub>	e	z	Неука- занные радиусы
1	25000	15	85	90	70	100	90	135	150	12	30	200	25	3...5
2	150	15	90	100	60	90	80	115	130	20	40	180	25	3...5
3	25000	20	145	150	70	110	80	190	200	20	40	250	30	5...10
4	1500	25	280	300	170	200	200	330	350	20	40	500	30	5...10

Примечания: 1. Материал детали - сталь 35Л (ГОСТ 977-88).

2. Точность отливки 9т-8 - вар. I,3; II-10 - вар. 2,4 (ГОСТ 26645-85).

Варианты к рис.27

Номер- вари- анта	Серий- ность, шт/год	a	b	c	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	d <sub>3</sub>	d <sub>4</sub>	d <sub>5</sub>	d <sub>6</sub>	d <sub>7</sub>	z	Неука- занные радиусы
1	20000	15	200	90	50	155	170	70	75	10	30	80	3...5
2	20000	20	200	200	80	155	170	100	105	12	30	80	3...5
3	50	30	350	250	80	280	300	100	105	14	30	125	5...10

Примечания: 1. Материал детали - чугун СЧ20 (ГОСТ 1412-85).

2. Точность отливки 9т-8 - вар. I,2; II-10 - вар.3 (ГОСТ 26645-85).

Варианты к рис.24

Номер вари- анта	Серий- ность, шт/год	a	b	c	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	d <sub>3</sub>	d <sub>4</sub>	d <sub>5</sub>	d <sub>6</sub>	d <sub>7</sub>	Неука- занные радиусы
1	15000	20	30	100	15	80	100	200	100	120	160	5...10
2	15000	25	40	200	20	120	140	270	150	170	220	5...10
3	50	30	40	150	20	120	140	400	150	170	285	5...10

Примечания: 1. Материал детали - сталь 35Л (ГОСТ 977-88).

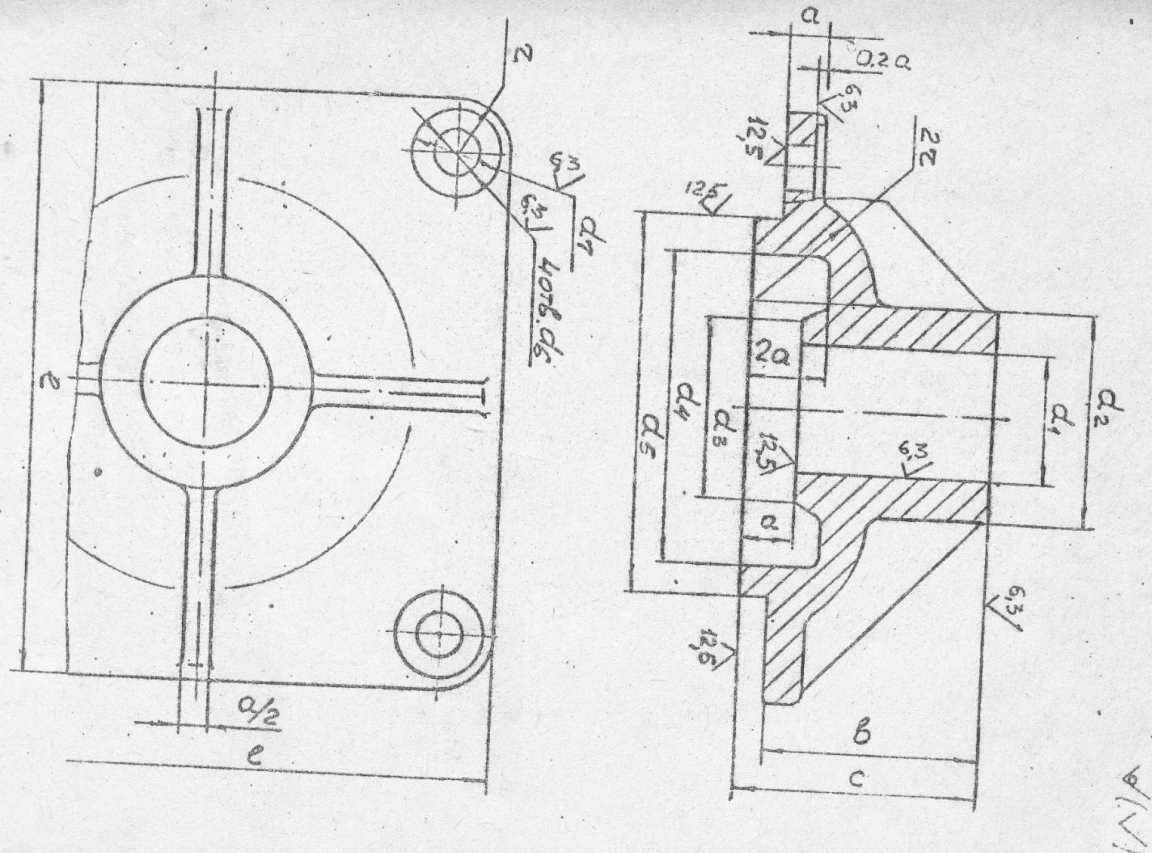
2. Точность отливки - 9-9т - вар. 1,2; 10-II - вар.3 (ГОСТ 26645-85).

Варианты к рис.25

Номер вари- анта	Серий- ность, шт/год	a	b	c	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	d <sub>3</sub>	d <sub>4</sub>	d <sub>5</sub>	d <sub>6</sub>	d <sub>7</sub>	e	f	Неука- занные радиусы
1	20000	60	80	8	35	60	40	130	145	200	85	20	30	3...5
2	20000	80	100	12	80	115	90	230	250	300	160	30	40	5...10
3	30	115	150	15	80	115	90	250	275	350	175	35	50	5...10

Примечания: 1. Материал детали - чугун СЧ20 (ГОСТ 1412-85).

2. Точность отливки 8-7 - вар. 1,2; II-10 - вар.3 (ГОСТ 26645-85).





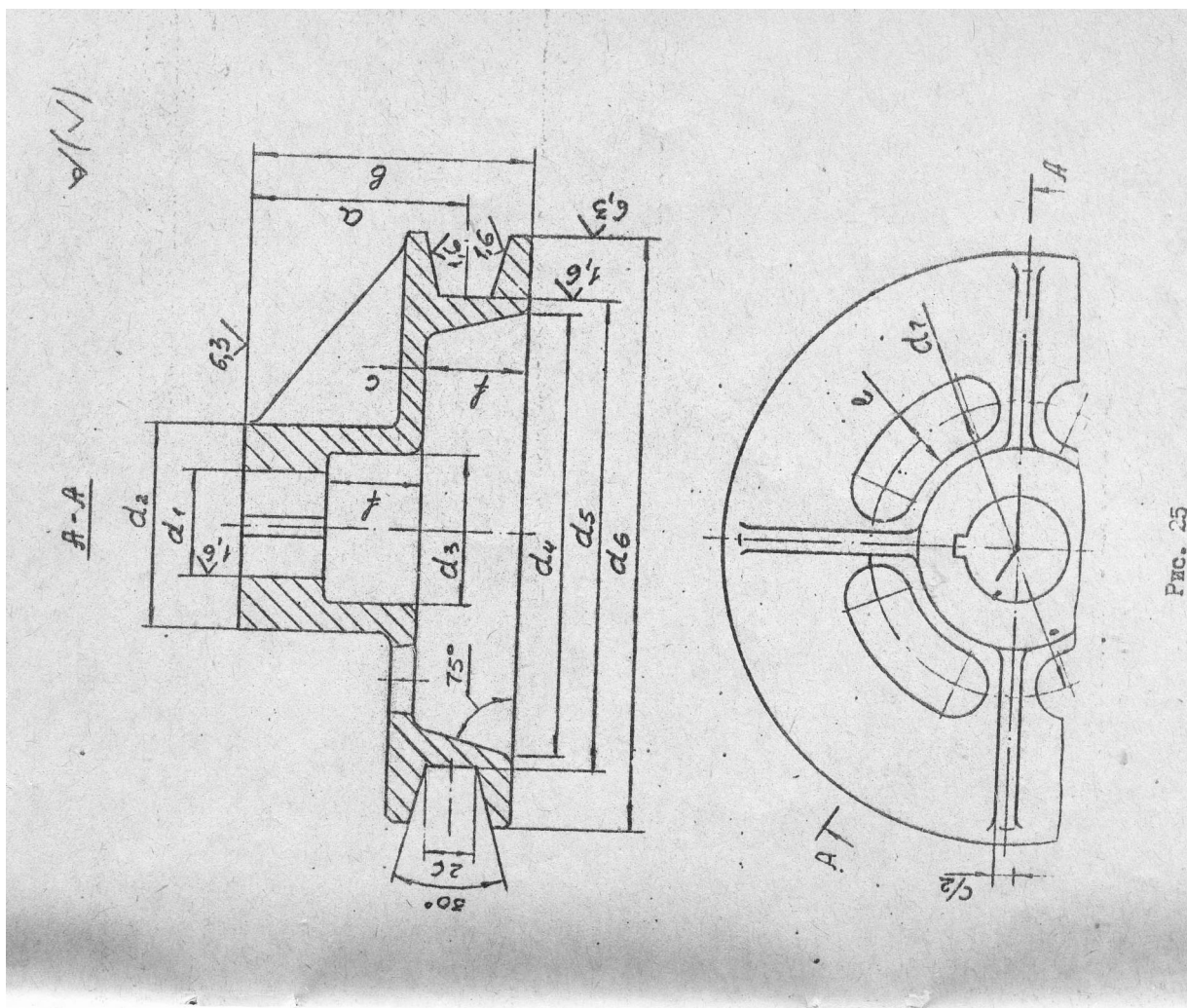
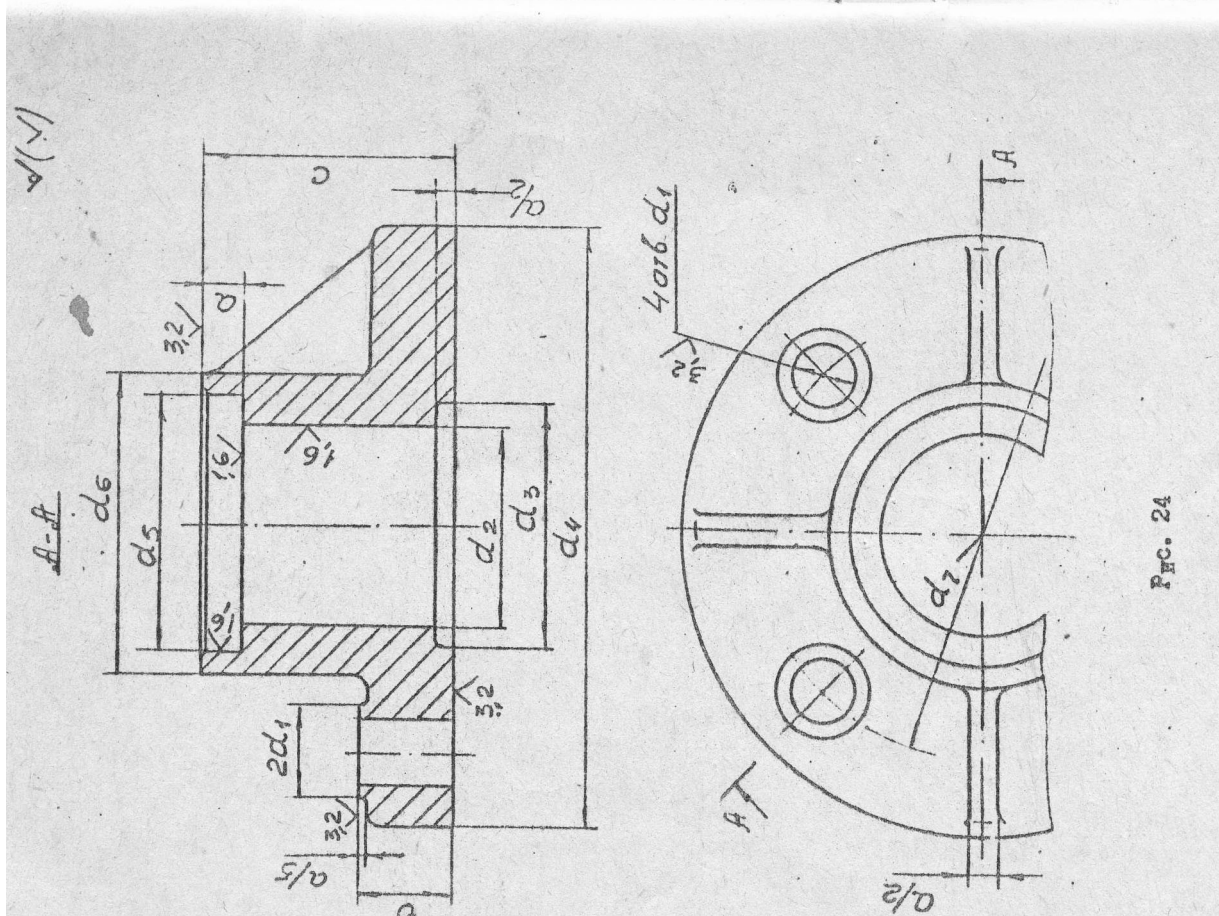
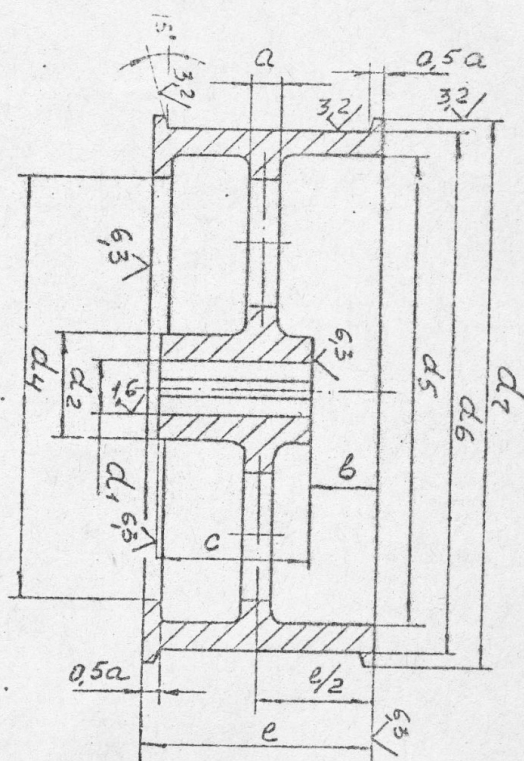
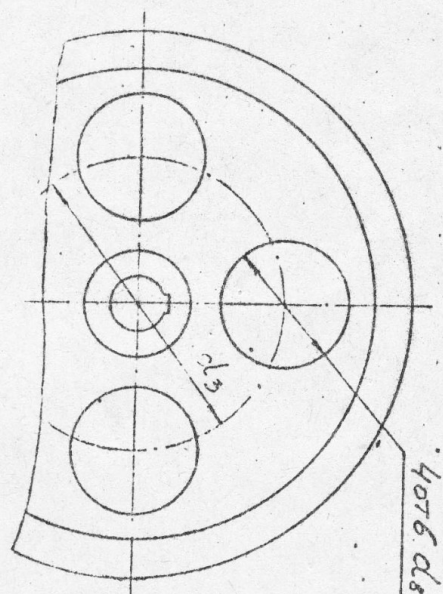


Рис. 23



Варианты к рис.22

Номер вари- анта	Серий- ность, шт/год	a	b	c	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	d <sub>3</sub>	d <sub>4</sub>	d <sub>5</sub>	d <sub>6</sub>	d <sub>7</sub>	d <sub>8</sub>	e	Неука- занные радиусы
1	10000	100	12	150	60	70	100	50	170	300	270	240	200	3...5
2	100	150	15	230	100	120	140	130	320	600	540	500	350	5...10
3	20000	100	8	100	60	70	90	25	125	200	180	160	150	3...5
4	20000	120	8	150	115	125	150	40	200	300	280	250	180	3...5

Примечания: 1. Материал детали - сталь 30Л (ГОСТ 977-88) - вар. 1,2; чугун СЧ20 (ГОСТ 1412-85) - вар. 3,4.

2. Точность отливки - 9-9т (ГОСТ 26645-85).

Варианты к рис.23

Номер вари- анта	Серий- ность, шт/год	a	b	c	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	d <sub>3</sub>	d <sub>4</sub>	d <sub>5</sub>	d <sub>6</sub>	d <sub>7</sub>	d <sub>8</sub>	e	Неука- занные радиусы
1	20000	15	50	80	40	80	160	200	240	270	285	60	150	3...5
2	20000	18	50	120	80	120	205	250	290	330	350	70	150	3...5
3	20000	18	0	120	80	120	185	250	250	290	310	50	180	3...5

Примечания: 1. Материал детали - сталь 35Л (ГОСТ 977-88).

2. Точность отливки - 9-9т (ГОСТ 26645-85).

Варианты к рис.20

Номер вари- анта	Серий- ность, шт/год	a	b	c	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	d <sub>3</sub>	e	f	z <sub>1</sub>	z <sub>2</sub>	z <sub>3</sub>	z <sub>4</sub>	Неука- занные радиусы
1	20000	15	110	220	M32	50	10	130	100	60	70	100	20	3...5
2	200	30	155	350	M32	50	14	220	150	100	115	150	30	5...10
3	20000	20	125	250	M32	50	14	160	200	70	85	120	30	5...10

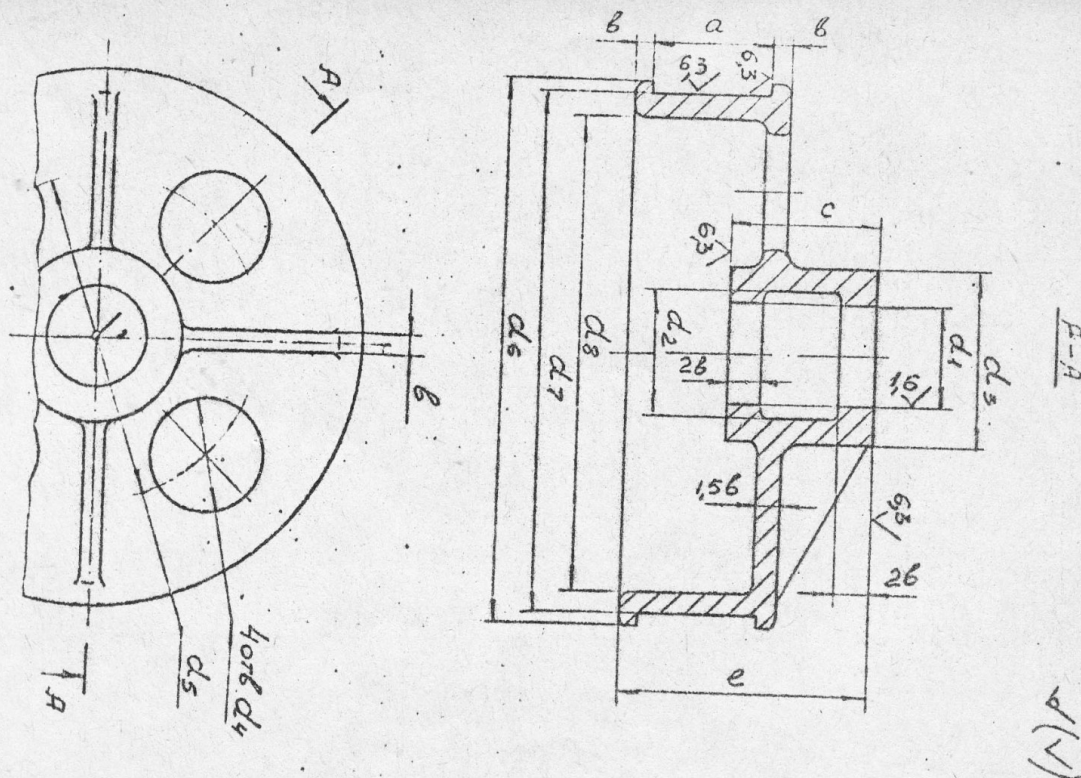
Примечания: 1. Материал детали - чугун СЧ20 (ГОСТ 1412-85).  
2. Точность отливки 9-9т (ГОСТ 26645-85).

Варианты к рис.21

Номер вари- анта	Серий- ность, шт/год	a	b	c	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	d <sub>3</sub>	d <sub>4</sub>	d <sub>5</sub>	d <sub>6</sub>	d <sub>7</sub>	d <sub>8</sub>	z	Неука- занные радиусы
1		25	12	300	75	80	120	200	210	220	240	100	20	3...5
2		30	15	150	35	40	80	150	160	170	190	60	25	3...5
3		30	15	200	140	150	190	350	360	375	400	170	25	3...5

Примечания: 1. Материал детали - сталь 35Л (ГОСТ 977-88).  
2. Точность отливки 9-9т (ГОСТ 26645-85).

Рис. 22







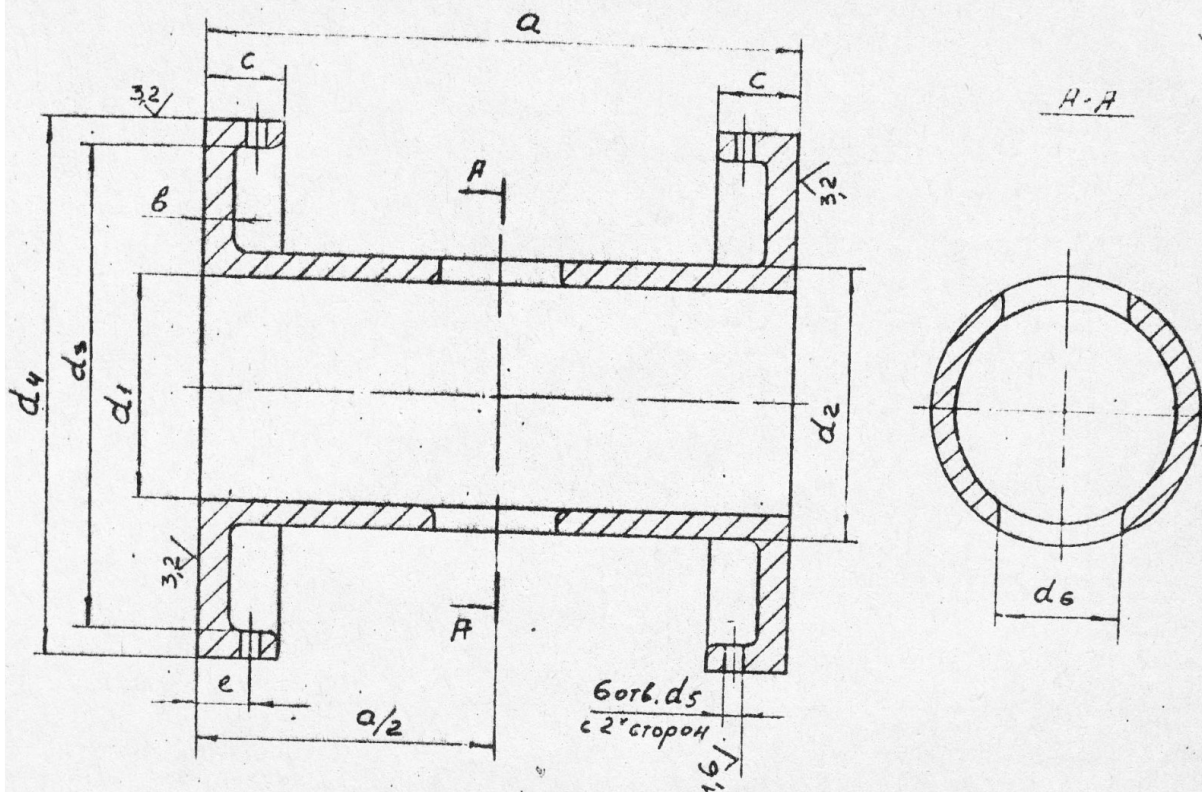


Рис.19

Варианты к рис.18

Номер варианта	Серийность, шт/год	a	b	c	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	d <sub>3</sub>	d <sub>4</sub>	d <sub>5</sub>	d <sub>6</sub>	d <sub>7</sub>	e	z	Неуказанные радиусы
1	50000	100	100	40	20	50	70	110	60	8	16	8	50	3...5
2	25000	150	300	70	50	80	100	150	90	8	13	8	70	3...5
3	150	400	600	250	100	130	160	220	160	12	18	15	200	5...10
4	30000	100	100	50	20	50	70	110	60	8	18	8	50	3...5
5	30000	150	300	60	60	80	100	150	100	12	18	10	80	3...5

Примечания: 1. Материал детали - чугун СЧ20 (ГОСТ 1412-85) - вар. 1-3; АК9 (ГОСТ 1581-85) - вар. 4,5.

2. Точность отливки 8-7 (ГОСТ 26645-85).

Варианты к рис.19

Номер варианта	Серийность, шт/год	a	b	c	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	d <sub>3</sub>	d <sub>4</sub>	d <sub>5</sub>	d <sub>6</sub>	e	Неуказанные радиусы
1	50000	100	8	25	15	30	200	220	10	0	18	3...5
2	50000	150	8	30	220	245	350	370	10	0	20	3...5
3	30000	700	12	60	120	145	300	325	12	80	40	5...10
4	100	400	20	100	300	340	450	480	20	100	70	5...10

Примечания: 1. Материал детали - чугун СЧ20 (ГОСТ 1412-85).

2. Точность отливки 9т-8 - вар. 1,2; II-10 - вар. 3,4 (ГОСТ 26645-85).



Варианты к рис.16

Номер вари- анта	Серий- ность, шт/год	a	b	c	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	d <sub>3</sub>	d <sub>4</sub>	d <sub>5</sub>	d <sub>6</sub>	d <sub>7</sub>	d <sub>8</sub>	Неука- занные радиусы
1	50000	20	200	15	12	M8	190	60	250	300	80	100	3...5
2	50000	20	150	15	12	M8	300	180	340	385	200	220	3...5
3	200	25	200	20	40	M12	250	150	370	490	175	200	5...10
4	20000	20	400	15	12	M8	200	90	250	300	110	130	5...10

Примечания: 1. Материал детали - чугун СЧ20 (ГОСТ 1412-85).

2. Точность отливки 9-8 (ГОСТ 26645-85).

Варианты к рис.17

Номер вари- анта	Серий- ность, шт/год	a	b	c	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	d <sub>3</sub>	d <sub>4</sub>	d <sub>5</sub>	d <sub>6</sub>	d <sub>7</sub>	e	Неука- занные радиусы
1	15000	80	15	300	300	120	170	330	430	190	290	150	3...5
2	10000	80	15	600	300	120	180	330	470	200	290	440	5...10
3	1000	100	20	500	800	150	210	840	1100	300	740	300	10...15
4	20	100	20	1100	250	120	200	280	370	-	-	900	10...15

Примечания: 1. Материал детали - сталь 35Л (ГОСТ 977-88).

2. Точность отливки 9-8т - вар. 1,2; 12-11 - вар. 3,4 (ГОСТ 26645-85).

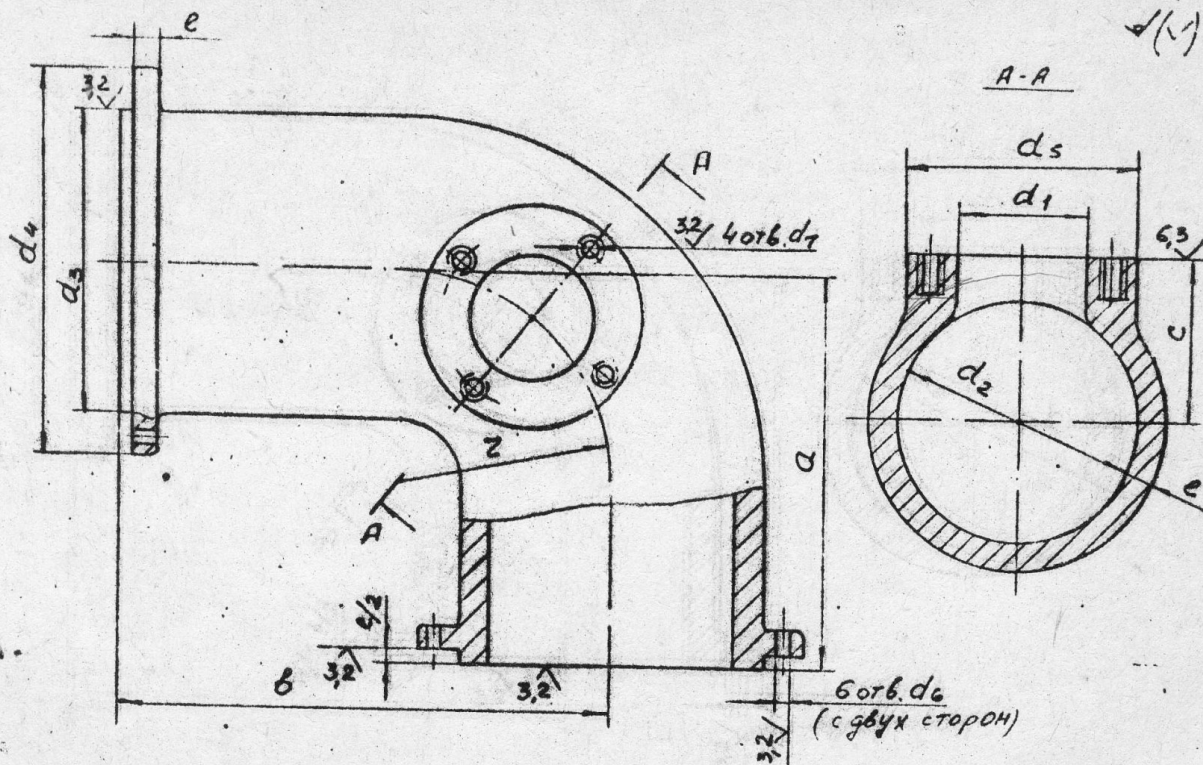
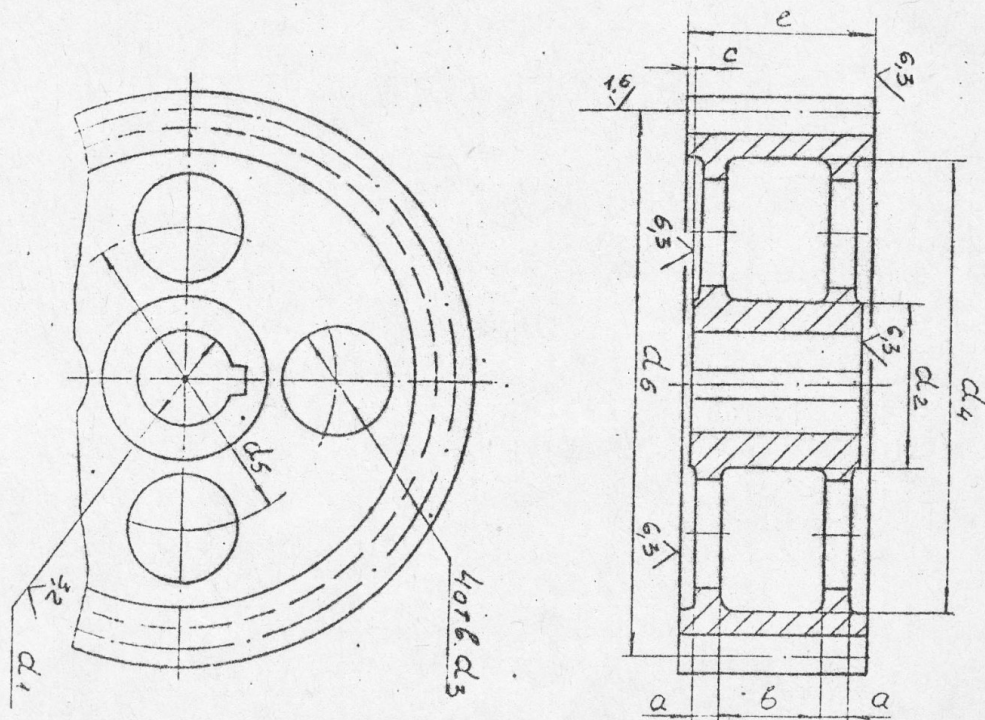


Рис. 18



Рис. 15



Варианты к рис.14

Номер варианта	Серийность, шт/год	a	b	c	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	d <sub>3</sub>	d <sub>4</sub>	d <sub>5</sub>	d <sub>6</sub>	d <sub>7</sub>	d <sub>8</sub>	d <sub>9</sub>	Неуказанные радиусы
1	25000	12	30	150	75	85	100	160	200	0	80	14	105	3...5
2	25000	20	15	150	200	215	225	300	380	0	210	40	235	3...5
3	25000	20	20	120	150	170	180	270	350	80	140	40	190	3...5
4	100	20	20	600	130	140	160	200	240	100	140	20	170	5...10
5	60000	15	40	120	75	85	100	160	200	0	80	12	110	3...5

Примечания: 1. Материал детали - чугун СЧ20 (ГОСТ 1412-85) - вар. 1-4; АК9 (ГОСТ 1581-85) - вар. 5.  
2. Точность отливки 8-7 (ГОСТ 26645-85).

Варианты к рис.15

Номер варианта	Серийность, шт/год	a	b	c	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	d <sub>3</sub>	d <sub>4</sub>	d <sub>5</sub>	d <sub>6</sub>	e	Модуль колеса	Неуказанные радиусы
1	30000	12	80	10	30	70	80	300	185	310	130	5	3...5
2	30000	15	80	10	80	110	100	420	270	460	130	5	3...5
3	2	40	220	30	200	280	500	1850	1040	1970	400	15	15...20

Примечания: 1. Материал детали - сталь 45Л (ГОСТ 977-88).  
2. Точность отливки 8-7 - вар. 1,2; 12-11 - вар.3 (ГОСТ 26645-85).



Варианты к рис.12

Номер варианта	Серийность, шт/год	a	b	c	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	d <sub>3</sub>	d <sub>4</sub>	d <sub>5</sub>	d <sub>6</sub>	d <sub>7</sub>	d <sub>8</sub>	Неуказанные радиусы
1	50000	8	200	15	100	120	200	250	300	150	170	10	3...5
2	20000	8	150	20	200	230	400	500	600	295	370	50	3...5
3	400	20	500	30	700	750	1050	1125	1200	860	970	70	10...15
4	5	30	1000	20	300	350	650	730	810	380	410	20	10...15
5	20000	12	200	20	250	280	480	540	600	320	360	20	5...10
6	25	20	800	30	200	250	450	500	550	275	300	16	5...10

Примечания: 1. Материал детали - чугун СЧ20 (ГОСТ 1412-85) - вар. 1-4; сталь 35Л (ГОСТ 977-88) - вар. 5,6.

2. Точность отливки 8-7 - вар. 1,2,5; 10-9 - вар. 3,4,6 (ГОСТ 26645-85).

Варианты к рис.13

Номер варианта	Серийность, шт/год	a	b	c	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	d <sub>3</sub>	d <sub>4</sub>	d <sub>5</sub>	r	R	Неуказанные радиусы
1	30000	12	12	50	30	60	40	110	200	10	20	3...5
2	30000	15	20	80	70	100	45	210	400	30	40	3...5
3	100	20	30	100	80	120	125	400	800	40	55	5...10
4	2	30	80	200	100	150	250	720	1500	80	100	10...15

Примечания: 1. Материал детали - сталь 35Л (ГОСТ 977-88).

2. Точность отливки 8-7 - вар. 1-3; 12-11 - вар.4 (ГОСТ 26645-85).

Рис.14

