



Федеральное агентство морского и речного транспорта
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Государственный университет морского и речного флота
имени адмирала С.О. Макарова»

КАФЕДРА ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ И
МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ

Н.В. Богданова, И.Г. Зайцев

**ТЕХНОЛОГИЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ
МАТЕРИАЛОВ**

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЛИТЕЙНОЙ ФОРМЫ

Учебно-методическое пособие

Санкт-Петербург
Издательство ГУМРФ им. адмирала С.О. Макарова
2020

ББК

УДК

Богданова, Н.В. Технология конструкционных материалов. Проектирование литейной формы: учебно-методическое пособие / Н.В. Богданова, И.Г. Зайцев. – СПб.: Изд-во ГУМРФ им. адм. С.О. Макарова, 2020. 91с.

Учебное пособие соответствует дисциплине «Технология конструкционных материалов» и предназначено для студентов очной и заочной форм обучения по группам направлений подготовки и специальностям: 26.03.02 «Кораблестроение, океанотехника и системотехника объектов морской инфраструктуры» («Технология конструкционных материалов», «Материаловедение. ТКМ»), 23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов» («Материаловедение. Технология конструкционных материалов»)

Содержит сведения об основных приемах проектирования литейной формы при получении деталей методом литья в песчано-глинистые формы, приведены примеры проектирования литейных форм.

© ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени
адмирала С. О. Макарова», 2020

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ЛИТЕЙНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ.....	5
1.1. Модельный комплект.....	5
1.2. Литейные материалы и их свойства.....	7
2. ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧНЫХ ЛИТЫХ ДЕТАЛЕЙ.....	10
2.1. Выбор варианта технологического процесса. Техническая документация производства отливки.....	10
2.2. Общие технологические требования. Технологичность отливки.....	13
2.3. Правила оформления внешних поверхностей литых деталей.....	17
2.4. Основные требования к внутренним полостям отливок.....	20
2.5. Выбор толщины стенок и способа их сопряжения.....	22
2.6. Графическое оформление элементов формы и отливок.....	30
2.7. Припуски на механическую обработку.....	36
2.8. Формовочные уклоны и литейные радиусы.....	42
2.9. Размеры стержневых знаков.....	46
3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ.....	50
4. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА	51
5. ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ.....	52
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	52
ПРИЛОЖЕНИЕ 1. Примеры проектирования типового литейной формы.....	54
ПРИЛОЖЕНИЕ 2. Варианты индивидуальных заданий.....	76

ВВЕДЕНИЕ¹

Учебно-методическое пособие предназначено для выполнения расчетно-графической работы «Проектирование литейной формы».

При составлении методических указаний для работы авторы принимали во внимание, что дисциплина «Технология конструкционных материалов» читается студентам ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова» в рамках общинженерной подготовки, поэтому процедура проектирования литейной формы с целью сокращения времени изложена в упрощенном варианте.

Например, назначение припуска на механическую обработку отливки осуществлялось не по рекомендациям ГОСТ 26645 – 85 *«Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку»*, а по упрощенной схеме в зависимости от габаритов изделия и положения обрабатываемой детали в литейной форме.

В работе также не предусмотрен расчет элементов литейной формы – стержневых знаков, литейных уклонов, литейных радиусов, толщин стенок, размеров опок и т.д. Но, в теоретической части работы эта информация приведена практически полностью.

Студенты должны произвести расчет размеров отливки, стержневого ящика и модели с учетом припусков на механическую обработку и линейную усадку.

Чертежи деталей, отливок, стержневых ящиков, моделей отливок и литейной форме в сборе приводятся схематично, в виде эскиза, но с указанием их расчетных размеров.

Цель работы - ознакомление с основами проектирования технологического процесса изготовления отливок в песчаных формах.

¹ В графическом оформлении работы и проектировании технологии к Приложению 1 принимали участие студенты группы ЭТ-21: Баравкова М.С., Скрипник М.В., Трофимов Ю.П., Попов И.П., Доронина П.Д., Антипов Д.Ю., Головенко Д.Д., Тидеман В.О.

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ЛИТЕЙНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ.

Получение отливок может производиться в разовых песчаных, металлических и оболочковых формах, литьем под давлением, по выплавляемым моделям и другими способами. Наиболее широко используют литье в песчаные формы, возможности которого и рассматриваются в настоящем пособии.

1.1. Модельный комплект

Технологическая оснастка литейного производства – это совокупность приспособлений и инструментов, необходимых для выполнения процесса формообразования отливок. Оснастка подразделяется на основную и вспомогательную. К основной оснастке относится модельный комплект. К вспомогательной оснастке относятся опоки, подопочные плиты, сушильные плиты, штыри, скобы и т.п.

Модельный комплект служит для формирования полости под отливку в песчаной литейной форме и включает в себя: модели, стержневые ящики, элементы моделей литниковой системы, модельные плиты и шаблоны. Модельный комплект изготавливают из пиломатериалов хвойных (ель, сосна) или твердых (береза, бук, дуб) пород дерева.

Модель – приспособление, с помощью которого в литейной форме получают полость, которая по размерам и внешним очертаниям соответствует будущей отливке.

Для получения отливки с отверстиями или углублениями на модели предусматривают специальные выступы - *стержневые знаки*, образующие в литейной форме углубления для установки стержней. Конфигурация модели соответствует внешним очертаниям отливки, а размеры модели больше размеров отливки на величину линейной усадки сплава.

Линейная усадка серого чугуна составляет около 1%, стали – 2%, силумина – 0,8...1,2%, бронзы – 1,0...1,5%. Линейная усадка зависит

не только от типа сплава, но, и от податливости формы, сложности отливки, наличия ребер жесткости и т.д.

Стержневые ящики служат для получения стержней. Процесс изготовления стержней включает в себя набивку ящика стержневой смесью, съем ящика с сырого стержня, транспортировку стержней в сушильную камеру и сушку.

Конструктивно стержневые ящики могут быть вытряхными и набивными (рис. 1.1.). Вытряхные ящики применяют для получения половинок стержней, которые склеивают после сушки. Разъемные ящики соединяются с помощью шипов, дюбелей, скоб и замков [1...3].

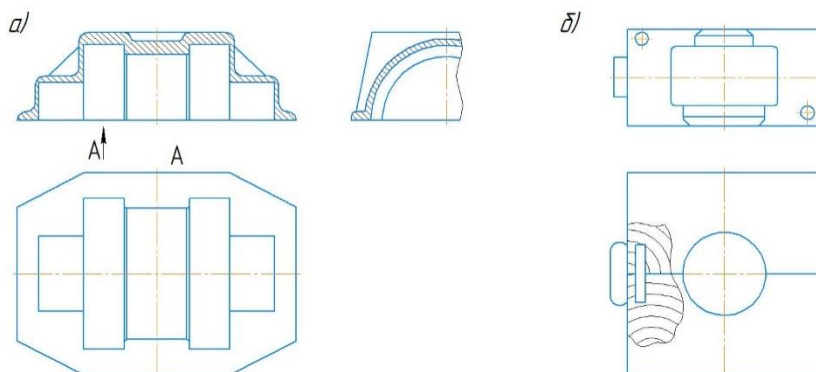


Рис. 1.1. Устройство вытряхного (а) и набивного (б) стержневых ящиков

Модели и стержневые ящики имеют *знаковые части* для оформления посадочных мест в литейной форме и соответствующего знака стержня. *Знаки* должны обеспечивать устойчивое положение стержня в форме и предотвращать его всплытие. Различают знаки вертикальные и горизонтальные. Основные размеры знаков определяют по ГОСТ 3212-92.

С целью предотвращения осыпания формовочной смеси при извлечении модели из формы все поверхности модели, перпендикулярные плоскости разреза, имеют *формовочные уклоны*. Эти же уклоны будут и на соответствующих поверхностях отливки. Величину формовочных уклонов выбирают по ГОСТ 3212-92 и указывают в чертеже.

1.2.Литейные материалы и их свойства

Выбор материала – важный этап в деятельности конструктора. Для отливок применяют сплавы на основе железа (стали, чугуны) и цветных металлов: алюминия, меди, титана, магния и др.

Механические свойства и примерное назначение наиболее часто используемых сплавов для получения отливок приведены в табл. 1.1. и 1.2.

Таблица 1.1.

Механические свойства чугунных отливок

Марка чугуна	Предел прочности σв, МПа	Твердость НВ, МПа	Относит. удлинен. δ, %	Назначение
Серый чугун ГОСТ 1412-85				
СЧ 10	100	1900	-	Бытовые приборы, противовесы, плиты
СЧ 15 СЧ 20	150 200	2100 2300		Детали машин с толщиной стенки до 40 мм, работающие при небольших нагрузках; корпусные детали, маховики, арматура низкого давления, поршневые кольца, кронштейны и т.д.
СЧ 25 СЧ 30 СЧ 35	250 300 350	2450 2600 2750	-	Детали машин, испытывающие повышенные статические нагрузки: станины станков, блоки и гильзы цилиндров, шкивы, зубчатые колеса, корпуса
Высокопрочный чугун ГОСТ 7193-85				
ВЧ 35 ВЧ 40 ВЧ 45 ВЧ 50 ВЧ 60 ВЧ 70 ВЧ 80 АЧ 100	1400-1700 1400-2020 1400-2250 1530-2450 1920-2770 2280-3020 2480-3510 2700-3600	350 400 450 500 600 700 800 1000	22 15 10 7 3 2 2 2	Тяжелонагруженные детали сложной формы: станины, барабаны, коленчатые валы, корпусные детали турбин, насосов и т.п. Высокопрочный чугун используется как заменитель стали
Ковкий чугун ГОСТ 1215-79				
КЧ 30-6 КЧ 33-8 КЧ 35-10 КЧ 37-12 КЧ 50-5	1000-1630 1000-1630 1000-1630 1100-1630 1700-2300	294 323 333 362 441	6 8 10 12 5	Небольшие тонкостенные детали, работающие при умеренных динамических нагрузках: ступицы, шестерни, червячные колеса, тормозные

КЧ 60-3	2000-2690	588	3	колодки, паровая арматура, картеры, корпуса редукторов и т.д.
---------	-----------	-----	---	---

Таблица 1.2.

Свойства конструкционной литейной стали (ГОСТ 977-88)

Марка стали	Предел текучести $\sigma_{0,2}$, МПа	Предел прочности σ_B , МПа	Относ. удлинение δ , %	Ударн. вязк. КСУ, кДж/м ²	Назначение
15Л	196	392	24	491	Детали, работающие при знакопеременных и ударных нагрузках: корпуса двигателей, подшипников, кронштейны, шестерни. Сварнолитые изделия
20Л	216	412	22	491	
25Л	235	221	19	392	
30Л	255	271	17	343	
35Л	275	491	15	343	Тяжелонагруженные детали машин: шестерни, барабаны, станины, корпуса
40Л	294	520	14	394	
45Л	314	540	12	294	
50Л	334	569	11	245	Детали, работающие при значительных контактных нагрузках: колеса, толкатели, опоры
20ГЛ	275	540	18	491	Ответственные тяжело нагруженные детали машин: диски, барабаны, зубчатые венцы, цапфы, корпусные детали турбин, литые детали вагонов, экскаваторов
35ГЛ	294	540	12	294	
30ГСЛ	343	589	14	294	
08ГДНФЛ	343	441	18	491	
30ХГСФЛ	392	589	15	343	
30ХНМЛ	540	687	12	294	
12ДХН1МФЛ	638	785	12	294	

Ковкий чугун применяют для небольших отливок, поскольку после заполнения формы расплавом и его быстрого охлаждения углерод находится в связанном состоянии в виде цементита Fe_3C , т. е. металл получает структуру белого чугуна. Готовые отливки подвергают длительному отжигу (более 2 суток), в результате которого образуется структура из зерен феррита или перлита и графита, имеющего хлопьевидную форму.

Прочность ковкого чугуна приближается к прочности некоторых сталей при наличии удовлетворительной пластичности (относительное удлинение 8-12 %), что позволяет использовать его для деталей, работающих при динамических нагрузках. Жидкотекучесть ковкого чугуна ниже, чем серого, а усадка выше.

Для отливок применяют также высокопрочные и легированные чугуны: антифрикционные, жаростойкие, износостойкие и др.

Сталь литейная (углеродистая и легированная), имеющая высокие значения прочности, пластичности и ударной вязкости, используется для получения нагруженных ответственных деталей сложной формы.

Малоуглеродистые стали, содержащие до 0,3 % углерода, обладают высокой пластичностью и ударной вязкостью, хорошо свариваются, однако имеют низкую жидкотекучесть. Жидкотекучесть среднеуглеродистых сталей выше, чем малоуглеродистых, но значительно уступает жидкотекучести чугуна. Легированные стали за счет оптимизации их химического состава имеют удовлетворительные литейные свойства.

Различают три группы стальных отливок:

1. Отливки общего назначения для деталей, конфигурация и размеры которых определяются только конструктивными соображениями;

2. Отливки ответственного назначения для деталей, рассчитываемых на прочность и работающих при статических нагрузках;

3. Отливки особо ответственного назначения для деталей, рассчитываемых на прочность и работающих при циклических или динамических нагрузках.

С увеличением номера группы сталь содержит меньше вредных примесей (серы и фосфора) и имеет более высокую стоимость [3].

Кроме перечисленных в таблице 1.2 конструкционных сталей, для производства отливок используют стали и сплавы машиностроительные специализированного назначения: коррозионностойкие (20Х13Л), кислотоупорные (18Х25Н19СЛ),

жаростойкие (12Х18Н9ТЛ, 15Х28Л), жаропрочные (15Х23Н19Л), износостойкие (110Г13Л) и др.

2. ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧНЫХ ЛИТЫХ ДЕТАЛЕЙ

2.1. Выбор варианта технологического процесса.

Техническая документация производства отливки

Чертеж детали, прошедший все стадии разработки, согласования и утвержденный руководством конструкторского отдела предприятия, является основным документом для разработки технологического процесса получения заготовки.

При выборе рационального способа изготовления отливки необходимо учитывать все особенности и технологические возможности литейного производства (табл. 2.1.). Выбор способа литья определяется экономической целесообразностью в зависимости от серийности производства, требуемой точности отливок, типа сплава, наличия оборудования и его загрузки [1...3].

Таблица 2.1.

Технологические возможности литейного производства

Показатель	Способ литейного производства				
	ЛПГФ	ЛОФ	ЛВМ	ЛК	ЛПД
Форма отливок	Любой конфигурации		Без выступающих частей и поднутрений		Тела вращения
Материал отливок	Черные и цветные металлы и сплавы			Цветные сплавы	Не ограничен
Масса отливок (макс), кг	200000 и более	До 150		4000-7000	До 100
Минимальная толщина стенки, мм	Сталь – 6-10; чугун – 3-6; цветные сплавы – 2,5-5		0,5	Бронза – 4; Чугун - 5	0,8 - 1
Механические свойства	Пониженные из-за неоднородности структуры по сечению отливки		Стабильные		Повышенная прочность и пластичность
Литейные	3-6	1-2		0,5-1,2	0,5-1

уклоны						
Квалитет точности	14-17	12-13	9-10	12-14	8-10	13-17
Шероховатость, Ra, мкм	80-20	40-10	20-5	25-5	10-2,5	80-20
КИМ, %	60-70	80-95	90-95	75-80	90-95	70-90

Примечание. Условные обозначения: ЛПГФ – литье в песчано-глинистые формы; ЛОФ – литье в оболочковые формы; ЛВМ – литье по выплавляемым моделям; ЛК – литье в кокиль; ЛПД – литье под давлением; ЦЛ – центробежное литье.

При проведении сравнительного анализа способов литья можно выделить ряд критериев:

1. *Технологические свойства сплава* (жидкотекучесть, склонность к усадке, к ликвации и т.п.). Например, при пониженной жидкотекучести сплава и высокой склонности к усадке нежелательно применение литья в металлические формы, так как возможно образование трещин в отливках из-за низкой податливости форм.

2. *Заданный уровень механических и эксплуатационных свойств.* Здесь необходимо учитывать возможности различных способов литья для получения отливок без дефектов, высокой плотности, равномерной мелкозернистой структурой и высокими механическими свойствами по всему объему, например, для деталей, работающих при циклических или динамических нагрузках.

3. *Технологичность конструкции детали* (конфигурация, минимальная толщина стенок, габаритные размеры и масса). Габаритные и сложные по конфигурации отливки можно получать литьем а песчано-глинистые формы. Тонкостенные отливки сложной формы целесообразно изготавливать литьем по выплавляемым моделям или под давлением (небольшие отливки из цветных сплавов). При литье в металлические формы конфигурация отливки должна быть несложной, при центробежном литье – иметь форму тела вращения.

4. *Шероховатость поверхности и геометрическая точность отливки.* Малая шероховатость поверхности отливок позволяет сохранить наружные слои металла, которые зачастую имеют повышенные твердость и износостойкость. Низкая геометрическая точность (размерная точность, пространственные отклонения и

точность конфигурации) приводит к потерям металла на стружку при механической обработке (до 15—25 % от массы отливок).

5. *Экономические показатели.* При сравнении различных способов литья следует учитывать тип производства изделия (единичное, мелкосерийное, серийное, крупносерийное или массовое), стоимость формовочных и стержневых смесей, оснастки и оборудования, экологические проблемы литейного производства.

Себестоимость уменьшается с увеличением партии отливок и с переходом к специальным высокопроизводительным способам литья, которые снижают расход формовочных материалов, металла и трудоемкость механической обработки, улучшают условия труда.

Наиболее распространено *литье в песчаные формы*, так как оно позволяет получать отливки из любых сплавов, любых размеров, различной конфигурации и сложности. Литье в песчаные формы применяют как в единичном, так и в серийном и массовом производстве.

Себестоимость получаемых отливок невысокая, но пониженные механические свойства материала, точность геометрических размеров и шероховатость поверхности отливок, полученных в песчаных формах ограничивают применение этого способа литья. Кроме того, литье в песчаные формы создает тяжелые условия труда: запыленность воздуха, выделение большого количества газов, копоти, тепла при выплавке металла и заливке форм.

Литье в металлические формы применяют для мелких и средних по массе отливок простой и средней сложности конфигурации в серийном и массовом производстве [4].

Литье под давлением наиболее целесообразно использовать в массовом производстве мелких точных отливок из цветных сплавов.

Литье по выплавляемым моделям обладает высокой точностью и позволяет получать сложные отливки, но процесс изготовления форм весьма трудоемок. Целесообразно применять данный способ в массовом и серийном производстве и главным образом для мелких отливок из труднообрабатываемых сплавов, например из жаропрочных сталей.

После выбора способа литья разрабатывают технологическую документацию: маршрутную карту, карту технической информации, чертежи отливки, модели, стержневых ящиков, литейной формы, монтажа модельных плит. Маршрутная карта содержит описание последовательности всего процесса с указанием технической документации, технологического оборудования, трудовых и материальных затрат.

При серийном и массовом производстве выполняют весь комплект документации. Если производство единичное или мелкосерийное, то документом для изготовления модели, стержневых ящиков, формы, а также контроля отливок служит чертеж детали с нанесенными указаниями литейной технологии, т. е. с изображенными элементами литейной формы и отливки [1, 3].

2.2. Общие технологические требования.

Технологичность отливки

Под *технологичностью* понимают совокупность свойств конструкции изделия, определяющих ее приспособленность к достижению оптимальных затрат при производстве, эксплуатации, ремонте для заданных показателей качества, объема выпуска и условий выполнения работ. Под *технологичностью отливки* понимают также сложность её изготовления.

Существуют количественные и качественные методы оценки технологичности. К количественным показателям относят материалоемкость, трудоемкость, технологическую себестоимость, энергоемкость и др.

При выполнении самостоятельной работы достаточно воспользоваться качественной оценкой технологичности, анализируя соответствие конструкции изделия основным требованиям технологии производства отливок. Качественная оценка, основанная на инженерно-визуальных методах, предшествует количественной оценке. Далее приводятся основные требования по разработке

технологичных конструкций отливок получаемых в разовых песчаных формах.

Число и площадь обрабатываемых поверхностей. Конструкция детали должна обеспечивать наименьшие число и площадь обрабатываемых поверхностей, поскольку при механической обработке снимаются наиболее прочные поверхностные слои металла и к тому же она весьма трудоемка. Поэтому опорные поверхности детали не проектируют сплошными, около отверстий предусматривают местные выступы (бобышки), которые уменьшают протяженность сопрягаемых поверхностей.

Крайне нежелательная двухсторонняя обработка, приводящая к резкому увеличению толщины стенки отливки.

Выбор положения отливки в форме при заливке металла. Важный момент в деятельности конструктора и технолога – *выбор положения отливки в форме* при заливке металла. От этого зависят качество отливки, ее работоспособность, а также затраты труда в литейном цехе.

Отливка в форме может располагаться горизонтально, вертикально или наклонно. Различные положения отливки в форме определяются ее конструкцией и размерами. Наиболее качественными и прочными бывают нижние и боковые (вертикальные) участки отливки. В верхних участках меньше плотность металла, так как туда всплывают шлаковые включения, частицы формовочной смеси, газовые включения и здесь деформируются усадочные раковины и поры вследствие усадки.

Вертикальная заливка форм назначается при изготовлении деталей типа болванок, труб и в тех случаях, когда требуется получить отдельные части отливки высокого качества. Такая заливка способствует хорошему питанию отливки в процессе кристаллизации, удалению шлака и сора, которые сосредотачиваются в верхней (прибыльной) части отливки.

Горизонтальное расположение форм при заливке является наиболее оптимальным. При таком расположении форм повышается

производительность труда, упрощаются способы крепления форм и обеспечивается техническая безопасность работы.

Рассмотрим возможные положения отливки в форме для стального барабана (рис. 2.1.).

Горизонтальное расположение отливки в форме (рис. 2.1, а) обеспечивает простое устройство формы при одном ее разьеме. В этом случае отливка будет более точной по форме и размерам и дешевой, однако цилиндрическая часть отливки окажется менее надежной вследствие возможных шлаковых включений и пористости.

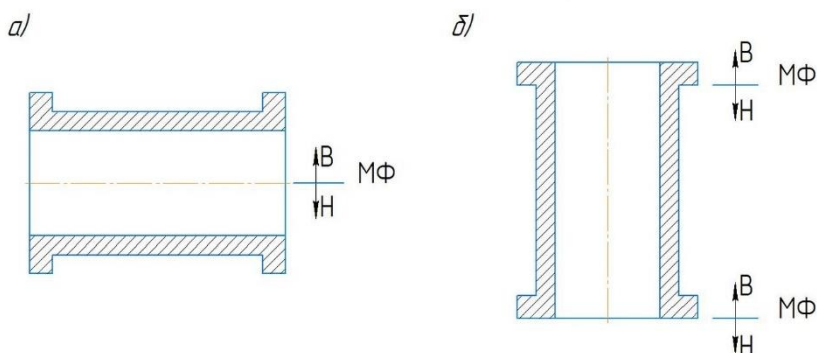


Рис. 2.1. Положение отливки в форме с одним (а) и двумя (б) разьемами формы и модели

Вертикальное расположение (рис. 2.1, б) обеспечит наилучшее качество металла в нижнем фланце и цилиндрической части отливки, но данный вариант существенно усложняет форму и процесс ее изготовления. Потребуется уже не один, а два разьема формы и модели, что существенно повысит себестоимость отливки и снизит ее точность в результате дополнительного смещения частей формы при сборке.

При выборе положения отливки необходимо стремиться к упрощению литейной формы, уменьшая количество разъемов формы и модели (до одного), но при этом нужно реально оценивать наличие возможных дефектов в верхних участках отливки.

Кроме того, положение отливки определяет характер затвердевания (одновременное или направленное, разд. 2.5.). Желательно располагать отливку в одной части формы с целью повышения точности размеров. Разъем формы должен быть, как правило, плоским.

Выбор поверхности разъема. Правильный выбор поверхности разъема снижает трудоемкость изготовления отливки. Наиболее благоприятным является совпадение поверхностей разъема формы и модели. Выбор поверхности разъема определяется использованием наиболее простой по конструкции модельной оснастки, удобством формовки, наименьшим числом разъемов, наименьшим числом стержней, упрощением способа подвода расплава в полость формы, обеспечением хорошей вентиляции формы и стержней, наибольшими удобствами сборки и заливки форм [3].

При выборе плоскости разъёма и положения отливки следует руководствоваться следующими рекомендациями:

1. Отливку желательно располагать в форме так, чтобы её наибольший габаритный размер находился в плоскости разъема формы, т.е. суммарная высота опок должна быть минимальной.

2. Необходимо изготавливать форму с минимальным количеством стержней, а, если возможно, без стержней; при этом стоимость литья понизится.

3. Отливки должны быть расположены обрабатываемыми поверхностями вниз; обрабатываемые поверхности могут также быть расположены вертикально. Верхние поверхности в отливках получаются более грязными и менее плотными вследствие всплывания газовых и шлаковых включений.

4. В случае вынужденного верхнего расположения обрабатываемых поверхностей необходимо исключить возможность образования на них литейных дефектов в виде усадочных и газовых раковин, шлаковых включений и т. п. Эти дефекты устраняются с помощью прибылей, выпоров, увеличенных припусков на обработку и других технологических приемов.

5. Во избежание брака в отливках, вызванного перекосом или сдвигом верхней опоки, желательно располагать всю отливку лишь в одной из опок. Если этого достичь не удаётся, то следует помещать обязательно в одной опоке и поверхность, служащую базой для механической обработки, и обрабатываемые от этой базы поверхности отливки.

6. Если все обрабатываемые поверхности и базу нельзя поместить в одну и ту же опоку или образовать одним и тем же стержнем, то в одну опоку с базой следует помещать, по возможности, большее количество обрабатываемых поверхностей. Недопустимо помещать базовую поверхность в разных опоках.

7. Базовыми поверхностями не должны быть поверхности, которые во время литья могут подвергаться деформации, или поверхности, пересекаемые линией разъема формы или стержнями, а также имеющие места подвода литников и установки прибылей. Базой при механической обработке желательно иметь такие поверхности, которые и у готовой детали останутся необработанными.

8. При выборе линии разъёма следует стремиться к тому, чтобы на отливке получить минимум швов (заливов). Литейные швы и заусенцы на базовых поверхностях отливок недопустимы [1, 3].

При обсуждении технологичности во внимание принимают также следующие параметры: *литейный сплав, толщину стенок отливки, минимальный диаметр литого отверстия, радиусы сопряжений стенок, литейные радиусы, литейные уклоны и др.*

Эти показатели технологичности отливки рассмотрены в следующих разделах пособия.

2.3.Правила оформления внешних поверхностей литых деталей

Внешним поверхностям отливки соответствует конфигурация полости в литейной форме, которую получают с помощью модели. Модель должна быть извлечена из формы без разрушения последней. Производят это за один прием или по частям, если модель разъемная.

Причем, чем меньше модель имеет разъемов, тем проще и дешевле изготовление и модели и формы, а отливка имеет наибольшую точность. Оптимальная конструкция детали обеспечивается в том случае, если для изготовления формы требуется не более одного плоского разреза модели, совпадающего с разъемом формы.

На рис. 2.2. представлены некоторые приемы улучшения технологичности внешних поверхностей деталей. Буквами МФ отмечены необходимые плоскости разреза соответственно модели и формы.

Проверку технологичности детали по внешним очертаниям производят **по методу теневого рельефа**: если на выбранную плоскость разреза формы условно направить параллельные лучи света, то отсутствие теневых участков говорит о том, что деталь технологична, т. е. модель извлекается из формы без разрушения последней.

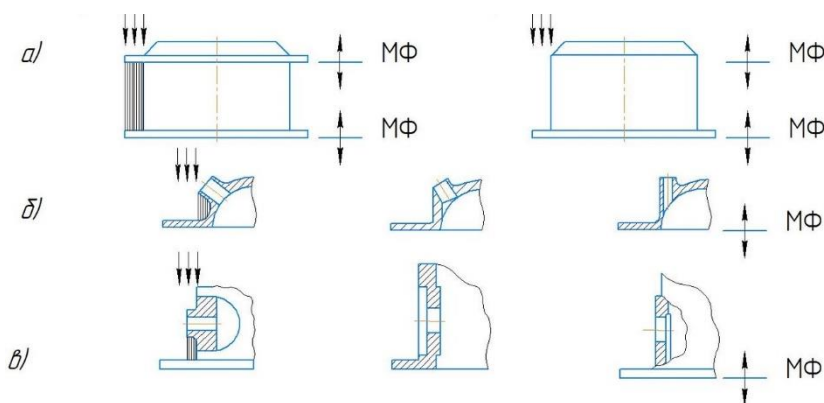


Рис. 2.2. Примеры нетехнологичных (слева) и технологичных (справа) внешних элементов литых деталей.

Наличие параллельных двухсторонних фланцев или буртов (см. рис. 2.2, а) обычно требует не менее двух разрезов формы и модели или применения наружных стержней, что существенно удорожает

производство. При отсутствии одного из фланцев технология литья значительно упрощается.

Крайне нежелательны на боковых поверхностях фланцы, выступы и бобышки, создающие теневые участки (рис. 2.2, а, б, в, слева). Такие выступы могут быть получены с помощью отъемных частей моделей, процесс формовки при этом усложняется. Выступы следует проектировать без поднутрений или перпендикулярно плоскостиразъема формы (рис. 2.2, а, б, г, справа).

Один из приемов, улучшающих технологичность деталей –замена бобышек на проточки, т. е. выступы будут обращены внутрь детали (рис. 2.2,в). Целесообразно также бобышки объединять с прилегающими фланцами, что позволяет отказаться от отъемных частей модели. Если надетали имеется несколько близко расположенных приливов или бобышек, то их лучше объединить.

При проектировании деталей следует избегать обширных горизонтальных плоскостей, поскольку это может привести к браку по недоливу или к наличию неслитин. Такие участки целесообразно заменять коническими, сферическими и т. п. (рис. 2.3.)

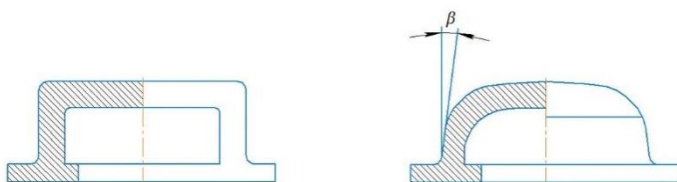


Рис. 2.3. Пример замены нетехнологичной горизонтальной поверхности (слева) на технологичную, сферическую

Все внешние поверхности, перпендикулярные плоскости разъема, должны иметь литейные уклоны, в противном случае возможно осыпание формовочной смеси при извлечении модели из формы. Угол литейного уклона $\beta = 0^{\circ}19' - 2^{\circ}54'$ (ГОСТ 3212-92) и зависит от высоты участка поверхности и материала модели (деревянная, металлическая). Уклоны назначают как на обрабатываемые, так и на необрабатываемые поверхности отливки [1...3]

На поверхностях, не подлежащих механической обработке, целесообразно предусмотреть конструктивные уклоны, значения которых ($3-5^\circ$ и более) выше стандартных литейных уклонов.

Разъем формы должен быть плоским, в противном случае потребуются специальные опоки и модельные плиты.

2.4. Основные требования к внутренним полостям отливок

Внутренние полости отливок формируются с помощью стержней, устанавливаемых внутрь литейной формы. Стержни после остывания металла удаляют (вытряхивают или вымывают водой) из отливки, поэтому недопустимы замкнутые внутренние полости (рис. 2.4, а).

Детали с замкнутыми полостями заменяют сварными изделиями или предусматривают в них выходные окна, закрываемые заглушками, крышками и т. п.

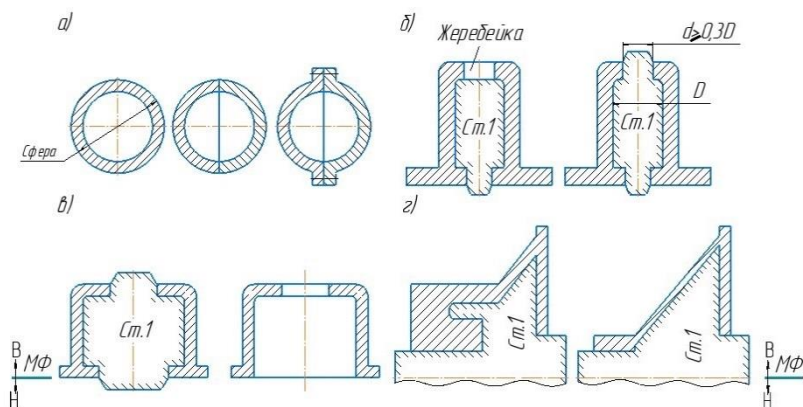


Рис.2.4. Варианты нетехнологичных (слева) и технологичных (справа) внутренних полостей отливок.

Для обеспечения надежного крепления стержня (изображен сплошной тонкой линией со штриховкой у контурных линий) в форме

полость детали (рис. 2.4,б) должна иметь не менее двух выходных отверстий. В противном случае стержень может всплыть в процессе заливки металла.

Применение жеребеек (рис. 2.4,б), т.е. дополнительных поддерживающих опор, изготавливаемых из листового проката, не гарантирует получения отливки без газовых раковин.

Выходные отверстия необходимо делать большими, иначе стержень при малой площади опоры продавит формовочную смесь. Кроме того, при взаимодействии жидкого металла со стержнем крепитель выгорает, образующиеся газы должны выйти через вентиляционные (газоотводные) каналы в стержне и не попасть в стенку отливки. Указанные условия выполняются, если диаметр или ширина выходного отверстия составляет не менее 30% соответствующего поперечного размера полости отливки.

Выходные отверстия могут быть любой формы (круглой, овальной, скругленной и т.п.) кроме прямоугольной с острыми углами, где могут возникнуть трещины.

Производство стержней обходится весьма дорого, поэтому необходимо стремиться к уменьшению их числа, а если возможно, то применять болваны, то есть выступающие части формы. Соответственно на моделях будут углубления, которые заполняются формовочной смесью в процессе формовки.

На рис. 2.4,в изображены возможные варианты крышки, полость которой формируется стержнем (слева) или болваном (справа). В последнем случае отсутствует внутренний бурт. Применимость болвана проверяется методом теневого рельефа, когда параллельные лучи условно направляются внутрь отливки от плоскости разъема формы.

Высота болванов ограничена прочностью формовочной смеси, которая может разрушиться при извлечении модели. Поэтому при машинной формовке высота нижнего болвана не должна быть больше его ширины, а высота верхнего – 0,5 его ширины. При ручной формовке эти нормы уменьшают в два раза.

Мелкие отверстия в отливках получать нецелесообразно, так

какнеобходимы дополнительные стержни малого диаметра ивозможен пригар смеси, затрудняющий последующую механическую обработку. Минимальный диаметр отверстий, получаемых литьем, составляет при массовом производстве 20 мм, при серийном – 30 мм, а при индивидуальном – 50 мм.

Внутренние полости в деталях не должны содержать узких глубоких канавок, щелей (рис. 2.4,г). Для таких отливок на стержнях потребуются тонкие элементы, которые могут разрушаться при заливке металла и вызвать появление песчаных раковин. Возможен также и пригар стержневой смеси [1...4].

2.5.Выбор толщины стенок и способа их сопряжения

Толщина стенок деталей определяется расчетом на прочность, но для литых деталей необходимо дополнительно учитывать ряд особенностей литейного производства. Слишком тонкие стенки в литейной форме получить невозможно, так как вследствие ограниченной жидкотекучести расплав не заполняет узкие элементы формы и возможен брак по недоливу. Поэтому необходимо проектировать детали с толщиной стенки, превышающей минимальнодопустимую толщину.

Наименьшая толщина стенки определяется химическим составом и жидкотекучестью сплава, габаритными размерами отливки и способом литья.

Для отливок, получаемых в песчано-глинистых формах, *минимально допустимую толщину стенки* можно выбрать из данных, представленных в табл. 2.2, или определить по эмпирической зависимости

$$T_{\min} = L / 200 + 4,$$

где L – наибольший габаритный размер детали.

Таблица 2.2.

Минимально допустимая толщина стенки

Сплав	Категория отливок		
	Мелкие, $L < 500$ мм	Средние, $L = 500-1500$ мм	Крупные, $L > 1500$ мм
Сталь	8-10	12-14	16—22
Чугун серый	3-6	8-12	14-18
Бронза	3-5	6-8	10-14
Алюминиевые сплавы	3-6	5-10	12-16

Чрезмерно толстые стенки отливок назначать нецелесообразно, так как это ведет к повышению металлоемкости и снижению удельной прочности. Увеличение толщины стенок обуславливает медленное затвердевание сплава, крупнокристаллическую и неравномерную структуру, ликвацию, пористость.

Начиная с некоторой *критической толщины*, $t_{кр}$ число отмеченных дефектов резко возрастает, а несущая способность деталей при дальнейшем увеличении толщины стенки практически не повышается.

Критическая толщина стенки отливки из серого и высокопрочного чугуна составляет 50-60 мм, а из углеродистой стали – 20-40 мм (меньшие значения соответствуют малоуглеродистым сталям). *Критическая толщина* легированных и высоколегированных сталей может быть выше, поскольку специальные легирующие добавки способствуют повышению прочности и формированию равномерной микроструктуры.

Если расчетная толщина стенки превышает критическую, необходимо изменить конструкцию детали, используя многослойные, двутавровые и другие сложные поперечные сечения с малой толщиной стенки. Значительное увеличение несущей способности детали могут обеспечить ребра жесткости, толщину которых назначают на 10-20% меньше основной толщины стенки детали [3].

Важным технологическим требованием является обеспечение **постоянства толщины стенки**. В отливках с одинаковой

толщиной стенок охлаждение происходит равномерно, вероятность коробления, термических напряжений и трещин, усадочных раковин снижается, существенно упрощается сопряжение стенок друг с другом.

При разной толщине стенок неизбежны местные скопления металла (тепловые узлы), в которых могут образовываться усадочные раковины и трещины. На рис. 2.5. представлены примеры устранения теплового узла (рис. 2.5.,а) за счет уменьшения толщины фланца (рис. 2.5.,б) или введения ребер жесткости (рис. 2.5.,в и г) при одновременном уменьшении толщины стенок.

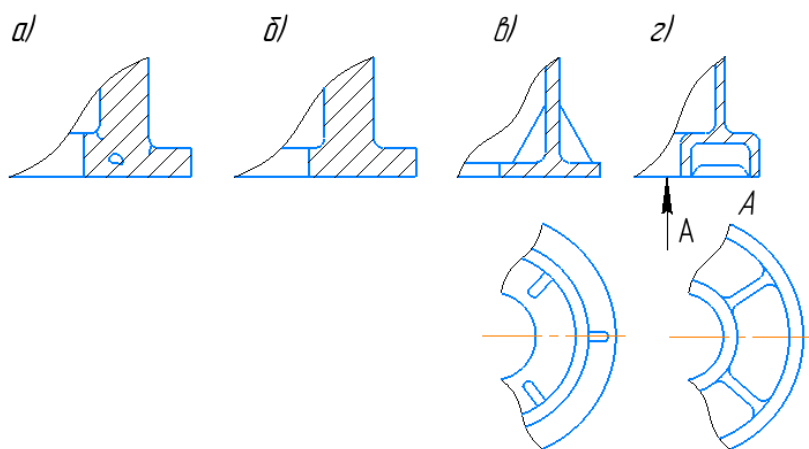


Рис. 2.5. Устранение местного скопления металла (а) за счет изменения конструкции детали (б, в, г)

Такие конструкции, естественно, усложняют технологию литья, но позволяют получить бездефектные отливки при снижении материалоемкости.

Размеры ребер жесткости назначают с учетом возможного смещения частей формы, при котором они могут выступать за пределы детали, то есть ребра жесткости не должны выходить на границу детали.

Сопряжения стенок во избежание их разрушения в процессе охлаждения должны быть плавными. При небольшой

разнотолщинности ($t_1 / t_2 \leq 2$), достаточно сопряжения с радиусами ги R (рис.2.6.,а). Если разнотолщинность значительная ($t_1 / t_2 > 2$), необходимо обеспечить плавный переход от толстой стенки к тонкой с помощью клинового сопряжения (рис. 2.6,б).

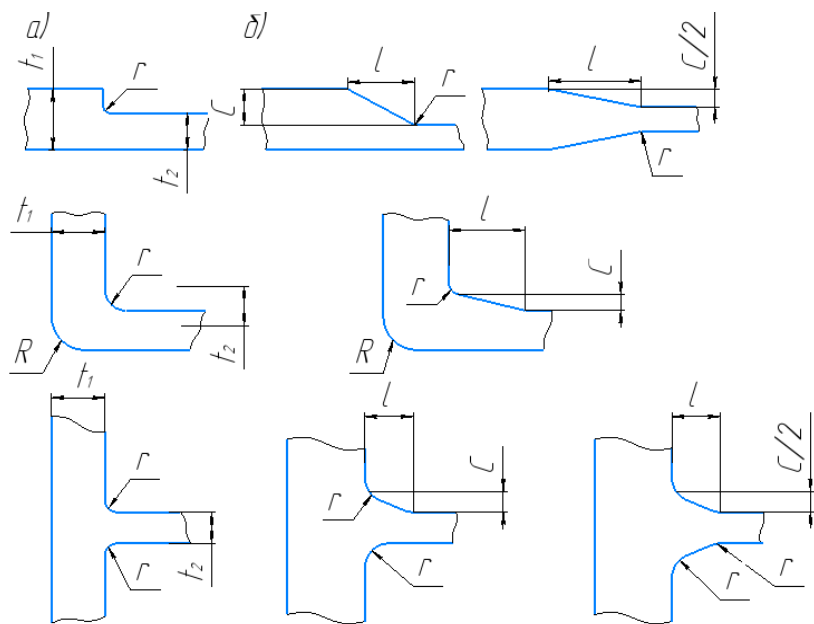


Рис.2.6. Рекомендуемые сопряжения стенок литых деталей

Радиусы r и R , ширину c и длину l клинового сопряжения можно рассчитать согласно опытным зависимостям (2.1 – 2.5):

$$r = (0,2 - 0,3)(t_1 + t_2)/2; \quad (2.1)$$

$$R = r + (t_1 + t_2)/2 \quad (2.2)$$

$$c = 33\sqrt{t_1 - t_2} \text{ или } \quad (2.3)$$

$$c = (0,8 - 1,0)(t_1 - t_2); \quad (2.4)$$

$$l = (4 - 5)c \quad (2.5)$$

Меньшие значения r , c и l назначают для чугуна и цветных

сплавов, а большее – для стали. Значения радиусов сопряжений выбирают из нормального ряда радиусов: 2, 5, 8, 10, 16, 20 25 40 [3].

При проектировании сопряжений следует избегать местных утолщений, то есть скоплений металла, приводящих к усадочным раковинам. Крайне нежелательны сопряжения четырех и более стенок и сопряжения под острыми углами (рис. 2.7.). Следует отдавать предпочтение сопряжению под прямым и тупым углами.

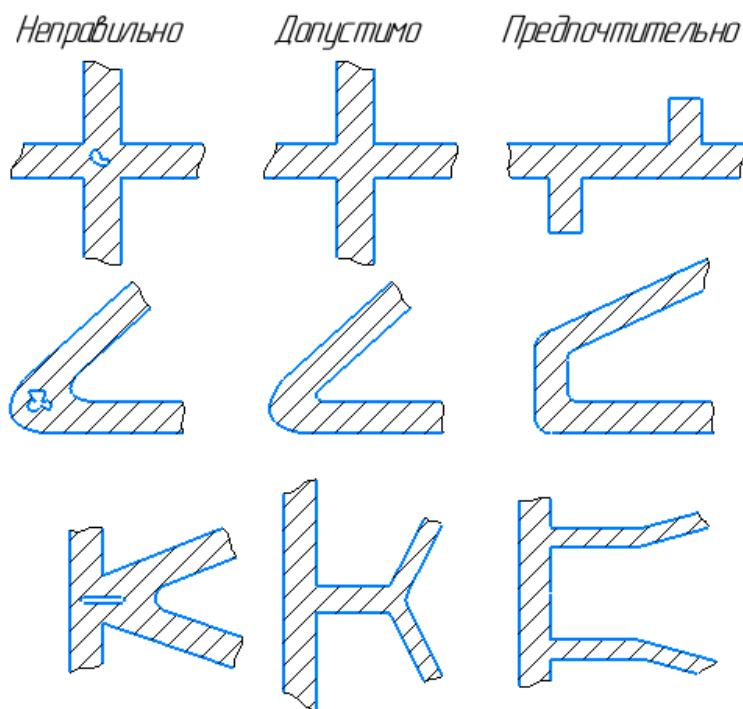


Рис. 2.7. Виды возможных сопряжений стенок

Усадка сплава в процессе кристаллизации приводит к уменьшению объема и уменьшению уровня жидкого металла, следовательно, к образованию усадочных раковин в верхней части

отливки и внутри местных утолщений (рис. 2.8.,а).

Это особенно сильно проявляется на сплавах с большой усадкой (сталь, высокопрочный чугун), поэтому конструктор при проектировании детали должен предусмотреть *одновременное или направленное затвердевание*.

Принцип одновременного затвердевания выполняется при постоянной толщине стенки (рис. 2.8.,б), в этом случае усадочная раковина будет сосредоточена вне отливки – в прибыли, т. е. в дополнительной полости, заполняемой жидким металлом.

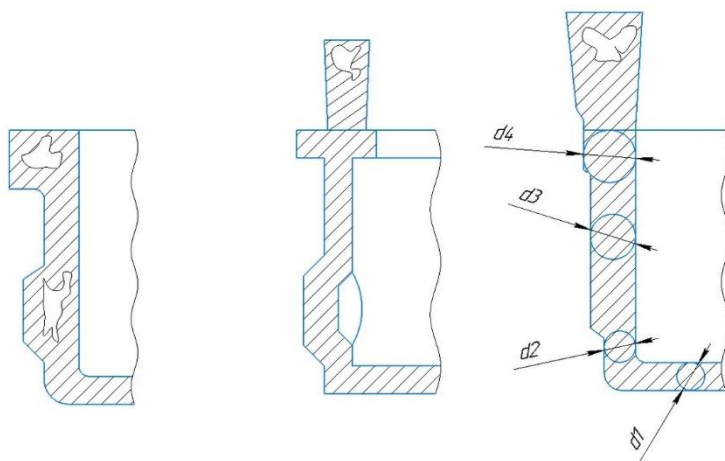


Рис. 2.8. Конструкция детали, приводящая к усадочным раковинам (а), и ее изменение для обеспечения принципа одновременного (б) или направленного (в) затвердевания

Ширина прибыли обычно превышает толщину стенки отливки, поэтому металл здесь затвердевает позже и компенсирует усадку в глубине отливки.

Если на чугунных отливках имеются утолщенные участки, то одновременное затвердевание можно обеспечить только технологическими приемами. В этом случае металл следует подвести к тонким элементам, а у утолщенных участков установить холодильники, т. е. заложить внутрь формовочной смеси металлические

вставки. Наличие холодильников способствует отводу тепла от толстых элементов отливки и одновременному затвердеванию при разнотолщинности стенок до 50%.

Направленное затвердевание отливок обеспечивается расположением отливки в форме и проектированием стенок таким образом, чтобы кристаллизация начиналась в нижних участках постепенно, распространялась на верхние более толстые элементы и заканчивалась в самой верхней части.

Сверху должна быть предусмотрена прибыль для компенсации объемной усадки. Усадочная раковина в этом случае возникнет не внутри отливки, а в отрезаемой впоследствии прибыли (рис. 2.8.,в) Направленность кристаллизации проверяется *методом вписанных окружностей*.

Окружность, вписанная в самой нижней части (d_1), должна, постепенно увеличиваясь, выкатываться из отливки в прибыль ($d_1 \leq d_2 \leq d_3 \leq d_4$). Деталь, изображенная на рис. 2.8.,а, этому правилу не соответствует, и поэтому усадочные раковины неизбежны. Здесь потребуется боковая прибыль, что усложнит литейную форму [3].

При проектировании детали необходимо учитывать не только объемную (в процессе кристаллизации), но и линейную (в процессе охлаждения затвердевшей отливки) усадку. Линейная усадка может привести к образованию горячих трещин вследствие термического торможения, когда за счет градиента температуры в тепловых узлах возникают значительные термические напряжения (рис. 2.5.,а).

Главным способом предотвращения горячих трещин, как уже отмечалось, следует считать устранение разнотолщинности детали.

Уменьшение размеров отливки в процессе охлаждения может вызвать ее коробление, а если литейная форма или конструкция детали препятствует усадке, то и разрушение отливки.

В последнее время при проектировании литейных форм различают радиусы переходов и сопряжений (рис.2.9.). Значения радиусов сопряжений и переходов определяются по табл.2.3 и 2.4 в зависимости от толщин стенок отливки [4].

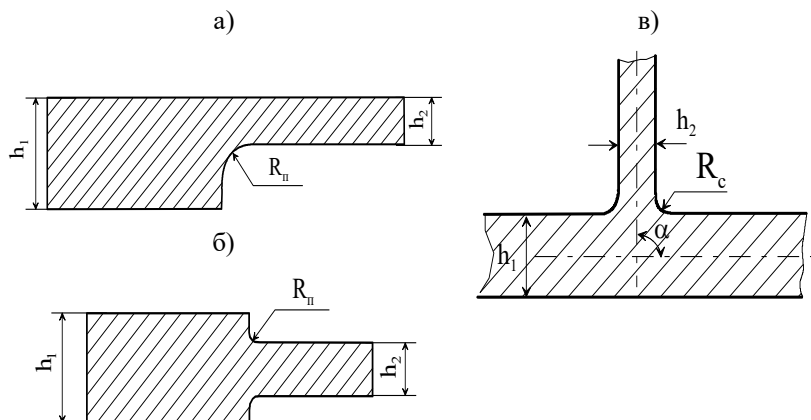


Рис.2.9. Радиусы односторонних (а) и двухсторонних (б) переходов и сопряжений (в)

Таблица 2.3
Радиус сопряжений $R_{\text{с}}$ стенок отливок, обладающих средней склонностью к образованию дефектов (рис.2.9.,в)

$(h_1+h_2)/2$, мм	Величина $R_{\text{с}}$, мм, в зависимости от угла сопряжения α , °					
	до 50	свыше 50 до 75	свыше 75 до 105	свыше 105 до 135	свыше 135 до 165	свыше 165
До 1,5	0,6	1,0	1,2	1,5	2,0	2,5
Свыше 1,5 до 3	0,8	1,2	1,5	2,0	2,5	3,0
Свыше 3 до 5	2,5	3,0	4,0	4,0	5,0	6,0
Свыше 5 до 8	3,0	4,0	5,0	5,0	6,0	8,0
Свыше 8 до 10	4,0	5,0	6,0	6,0	8,0	10,0
Свыше 10 до 20	5,0	6,0	8,0	8,0	10,0	12,0
Свыше 20 до 30	6,0	8,0	10,0	10,0	12,0	14,0
Свыше 30 до 40	8,0	10,0	12,0	12,0	14,0	16,0
Свыше 40 до 50	10,0	12,0	14,0	14,0	16,0	18,0
Свыше 50	12,0	14,0	16,0	16,0	18,0	20,0

Таблица 2.4

Радиусы переходов R_n (рис.2.9, а, б)

$(h_1+h_2)/2$, мм	Величина R_n , мм, переходов	
	односторонних	двусторонних
До 5	5	3
Свыше 5 до 6	6	5
Свыше 6 до 8	8	6
Свыше 8 до 10	10	6
Свыше 10 до 12	12	8
Свыше 12 до 14	15	8
Свыше 14 до 18	16	8
Свыше 18 до 20	20	8
Свыше 20 до 25	25	10

2.6.Графическое оформление элементов литейной формы и отливки

После выбора способа литья, выполнения всех технологических расчетов, проработки конструкции моделей, стержней, стержневых ящиков, литейной формы, литниковой системы на копию чертежа детали наносят элементы литейной формы. Их выполняют сплошными линиями в соответствии с ГОСТ 3.1125-88.

Все эти элементы студент изображает при выполнении самостоятельной работы одновременно с технологическими расчетами, разработкой чертежей или эскизов литейной формы, модели, стержневых ящиков. Правила графического выполнения элементов литейных форм и отливок изложены в ГОСТ 3.1128 – 88.

Разъём модели и формы показывают отрезком или ломаной штрихпунктирной линией, заканчивающейся знаком . над которой указывается буквенное обозначение *МФ*. Направление разъемов показывают основной линией, ограниченной стрелками и перпендикулярной к линии разъема [3,4].

Положение отливки в форме при заливке металла обозначают буквами В (верх) и Н (низ). Буквы проставляются у стрелок, показывающих направление разъёма формы (рис.2.10.).

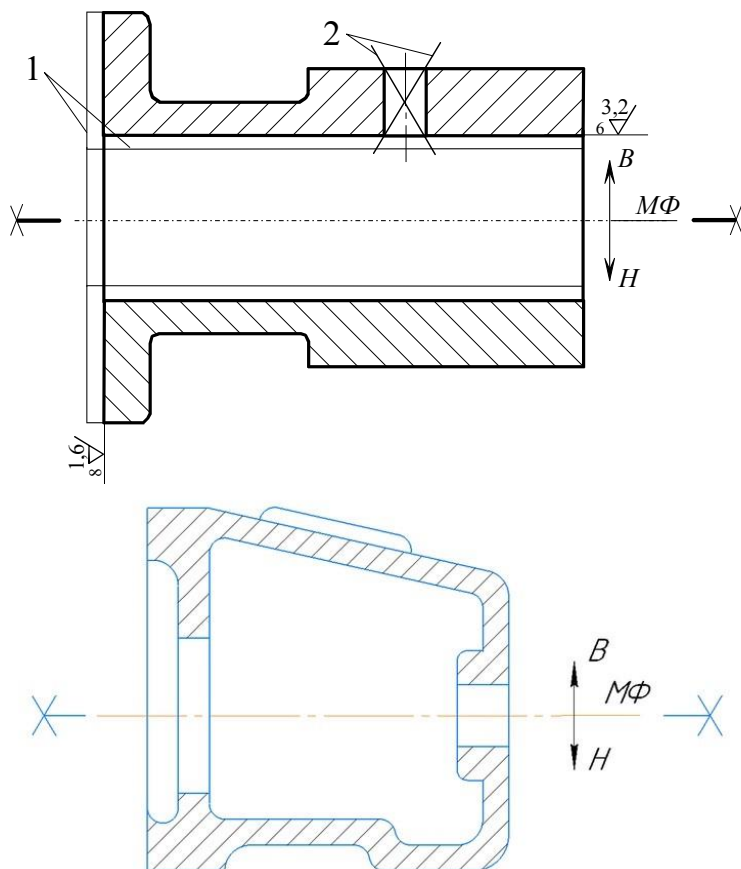


Рис.2.10. Примеры обозначения разъёма модели и формы (верх и низ) и припусков под механическую обработку (верх)

При применении неразъёмных моделей указывают только разъём формы Φ (рис.2.11.).

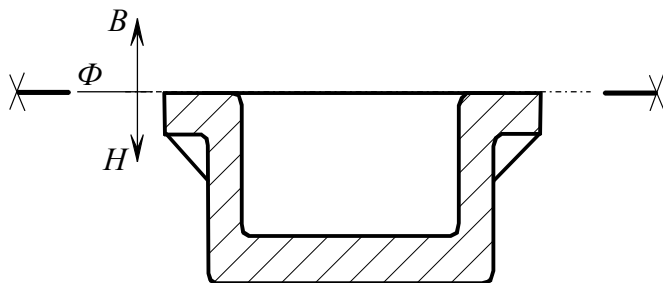


Рис.2.11. Обозначение разъёма формы

Припуски на механическую обработку изображают сплошной тонкой линией. Величину припуска указывают числом перед знаком шероховатости поверхности детали или величиной уклона и линейными размерами (рис. 2.10. и 2.12.).

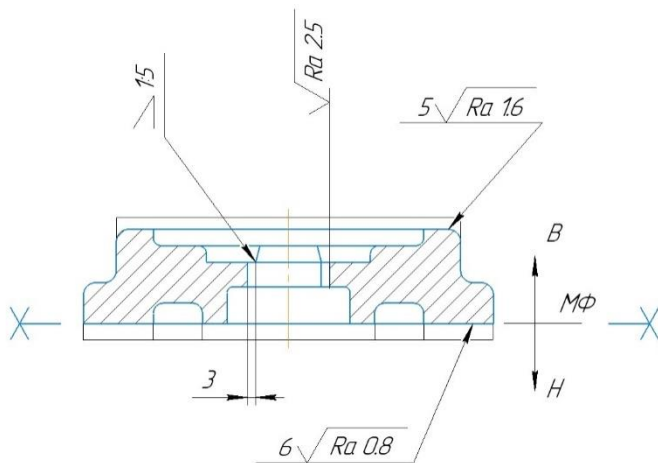


Рис. 2.12. Обозначение припусков под механическую обработку

Отверстия, впадины и т.п., не выполняемые при отливке, зачёркивают сплошной тонкой линией (рис.2.13.).

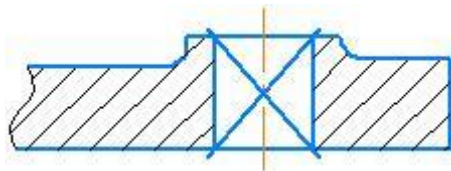


Рис. 2.13. Обозначение отверстий, не выполняемых при отливке

Контуры стержней (рис.2.14, линия 1), их знаков и знаков модели (рис.2.14, линия 2) изображают в масштабе чертежа сплошной тонкой линией. Стержни в разрезе следует штриховать только у контурных линий.

Если стержней несколько, то они обозначаются буквами *ст.* и номером в порядке установки стержней в форму, например, *ст.1*, *ст.2*, *ст.3*(рис. 2.15.) и т.д. [3,4].

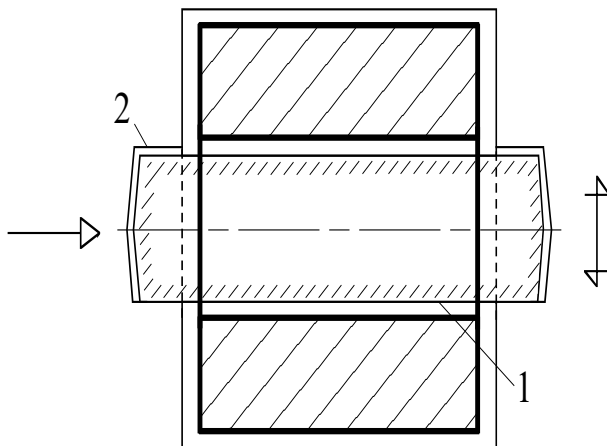


Рис.2.14. Обозначения стержня, направления набивки стержня
разъёма стержневого ящика

Указывают также размеры и уклоны знаков. Места соединения стержней друг с другом обозначают двойной тонкой линией.

Место расположения газоотводных каналов в стержне и направлений газов указывают стрелкой и буквами *ВГ* (выход газа) (рис. 2.15.).

Направление набивки стержневой смеси в стержневой ящик обозначают тонкой линией с равносторонним треугольником на конце. Плоскости разъемов стержневых ящиков указывают знаком в виде сдвоенной цифры 4 (рис.2.14., 2.15.).

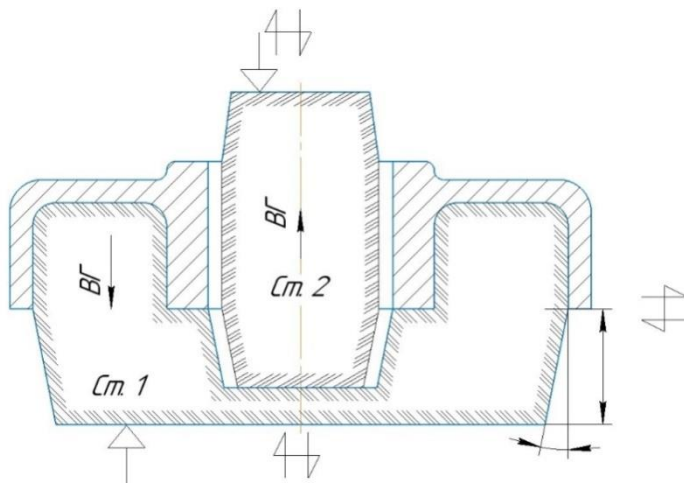


Рис.2.15. Обозначения стержня, направления набивки стержня, разъёма стержневого ящика и направления выхода газов (ВГ)

Линию соприкосновения отъемной части с моделью изображают сплошной основной линией. Отъемную часть модели обозначают буквами ОЧМ и порядковым номером (рис. 2.16.)

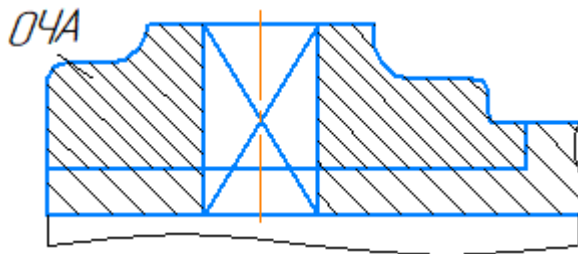


Рис. 2.16. Обозначение линии соприкосновения отъемной части с моделью

Холодильники изображают в масштабе чертежа сплошной тонкой линией с указанием порядкового номера и их количества. В сечениях холодильники штрихуют (рис. 2.17.)

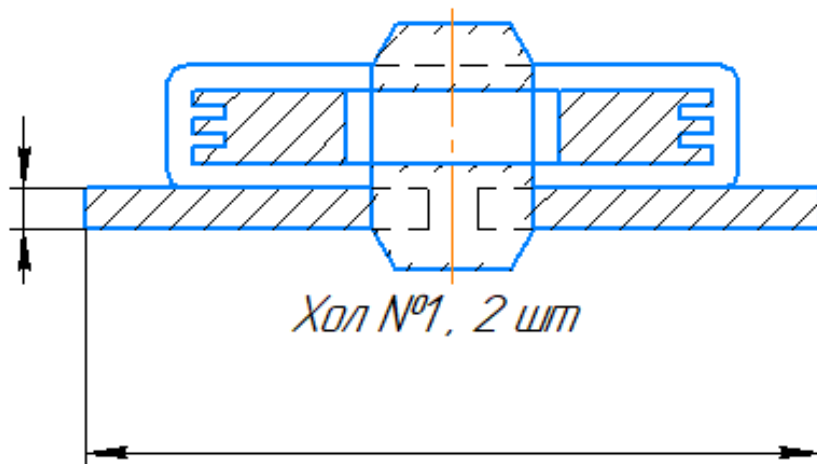


Рис. 2.17. Обозначение холодильников

Литниковую систему и прибыли изображают в масштабе чертежа сплошной тонкой линией с указанием размеров и мест расположения [3].

Прибыли обозначают словом «*Прибыль*» с указанием порядкового номера и количества. Сечения элементов литниковой системы изображают на поле чертежа в масштабе с указанием их размеров, количества и площади сечений (рис. 2.18.)

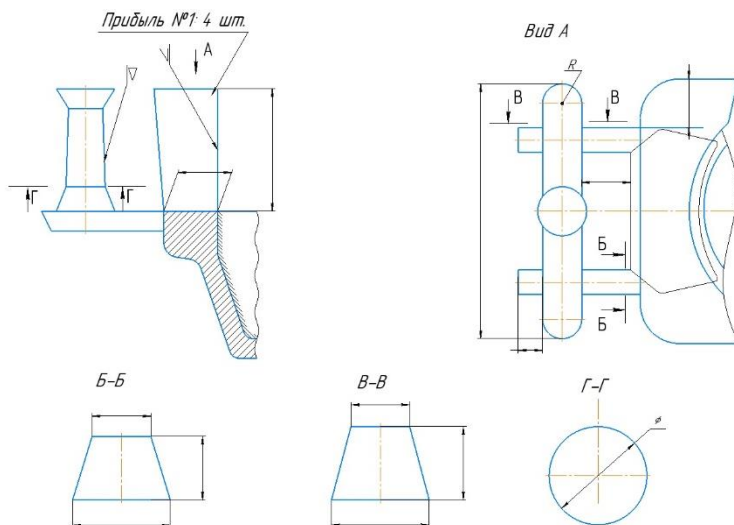


Рис. 2.18. Обозначение элементов литниковой системы

2.7. Припуски на механическую обработку.

Для обеспечения сборки и работы изделия, сопрягаемые поверхности должны иметь определенную точность размеров и шероховатость поверхности, которые литейное производство не всегда может обеспечить. Поэтому отливки, по сравнению с деталью имеют припуски на механическую обработку.

Припуск, то есть дополнительный слой металла, удаляют на металлорежущих станках для достижения требуемой точности размеров и заданной шероховатости поверхности.

Припуски определяются по ГОСТ 26645-85 «Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку». Величина припуска зависит от размеров отливки, типа сплава и способов литья, которые определяют получаемую точность отливок.

Стандарт предусматривает 22 класса (1-16) размерной точности отливок, 22 класса точной массы, а также 11 степеней коробления

отливки и 22 точности поверхности, которые должны быть указаны в технических требованиях на чертеже. Ненормируемые степени точности заменяют нулями.

Например, для отливки 8-го класса размерной точности, 5-ой степени коробления, 4-ой степени точности поверхности и 7-го класса точности массы указываем: *Точность отливки* 8-5-4-7 ГОСТ 26645-85 или *Точность отливки* 8-0-0-7 ГОСТ 26645-85.

Классы размерной точности (точности размеров) отливки и классы точности массы отливки, получаемой в разовых песчаных формах при высокой степени уплотнения, можно определить по табл. 2.5 [3]. Другие способы литья, например литье в металлические формы, обеспечивают иные классы точности (см. ГОСТ 26645-85).

Таблица 2.5

Классы размерной точности отливок, получаемых в песчаных формах

Наиболь- ший габаритный размер отливки, мм	Тип сплавов				Рядыпри- пусков
	Цветные легкоплавкие	Черные нетермообра- батываемые	Чугунные термообраба- тываемые и цветные тугоплавкие	Сталь термообра- батываемая	
До 100	5-10	6-11Т	7Т-11	7-12	5-8
101-250	6-11Т	7Т—11	7-12	8-13	6-9
251—630	7Т—11	7-12	8-13Т	9Т-13	6-10
631—1600	7-12	8-13Т	9Т—13	9-13	6-Ц
1601-4000	8-13Т	9Т-13	9-13	10-14	6-12

Примечания:

1. Меньшее значение точности соответствует массовому производству простых отливок, большее – мелкосерийному и единичному производству сложных отливок, среднее – серийному механизированному производству отливок средней сложности

2. Меньшие ряды припусков относятся к отливкам из цветных сплавов, большие – из ковкого чугуна, средние – к отливкам из серого высокопрочного чугуна и стали

3. Для верхних участков отливки номер ряда припуска следует увеличить на 1-3 единицы.

По классу размерной точности можно найти предельные отклонения размеров через допуск размера отливки (табл 2.6.)

Таблица 2.6

Предельные отклонения размеров

Номинальный размер детали, мм	Допуски размеров отливок D, мм (не более) для класса размерной точности											
	6	7T	7	8	9	10	11T	11	12	13T	13	14
До 4	0,32	0,4	0,5	0,64	1	1,2	1,6	2	—	—	—	—
4-6	0,36	0,44	0,56	0,7	1,1	1,4	1,8	2,2	2,8	—	—	—
6-10	0,4	0,5	0,64	0,8	1,2	1,6	2	2,4	3,2	4	5	—
10—16	0,44	0,56	0,7	0,9	1,4	1,8	2,2	2,8	3,6	4,4	5,6	7
16-25	0,5	0,64	0,8	1	1,6	2	2,4	3,2	4	5	6,4	8
26-40	0,56	0,7	0,9	1	1,8	2,2	2,8	3,6	4,4	5,6	7	9
41-63	0,64	0,8	1	1,2	2	2,4	3,2	4	5	6,4	8	10
64-100	0,7	0,9	1,1	1,4	2,2	2,8	3,6	4,4	5,6	7	9	11
101—160	0,8	1	1,2	1,6	2,4	3,2	4	5	6,4	8	10	12
161-250	0,9	1,1	1,4	1,8	2,8	3,6	4,4	5,6	7	9	11	14
251-400	1	1,2	1,6	2	3,2	4	5	6,4	8	10	12	16
401-630	1,1	1,4	1,8	2,2	3,6	4,4	5,6	7	9	11	14	18
631-1000	1,2	1,6	2	2,4	4	5	6,4	8	10	12	16	20
1001-1600	1,4	1,8	2,2	2,8	4,4	5,6	7	9	11	14	18	22
1601-2500	—	2	2,4	3,2	5	6,4	8	10	12	16	20	24
2501-4000	—	—	2,8	3,6	5,6	7	9	11	14	18	22	28

Допуск размера относится ко всем линейным размерам как изменяемым механической обработкой, так и не изменяемым. В последнем случае это будет допуск размера детали. Величина допуска зависит от класса точности размеров (1-16) и номинального размера детали. В табл. 2.6. в отличие от стандарта не включены классы точности 1-5, 15, 16 и размеры более 4000 мм.

Допуски элементов отливки, образованных двумя полуформами или полуформой и стержнем, соответствуют заданному классу точности. Если элементы расположены в одной части формы, то

допуски назначают на 1-2 класса точнее, а для элементов, образованных тремя и более частями формы – на 1-2 класса грубее.

Предельные отклонения размеров отливки устанавливают симметричными и несимметричными, при этом предпочтительней следующее расположение полей допусков:

- несимметричное одностороннее «в тело» – для размеров элементов отливки (кроме толщины стенок), расположенных в одной части формы и не подвергаемых механической обработке, при этом для охватывающих элементов (отверстие) поле допуска располагается «в плюс» ($+\Delta$), а для охватываемых (вал) – «в минус» ($-\Delta$).

- симметричное ($\pm\Delta$) – для размеров всех остальных элементов отливки как подвергаемых, так и не подвергаемых механической обработке.

ГОСТ 26645 85 устанавливает дополнительные допуски формы и расположения поверхности и допуски неровности поверхности в зависимости от степени коробления отливок, степеней точности поверхностей и их взаимного расположения. При ненормируемых перечисленных показателях общий допуск элемента отливки $\Delta_{\text{общ}}$ следует принять на 25 % больше допуска размера, определяемого по классу размерной точности (табл. 2.6).

После определения общего допуска элемента отливки $\Delta_{\text{общ}}$ можно найти односторонний припуск на механическую обработку. ГОСТ 26645 содержит в табличной форме значения припусков для 16 рядов припусков от 0,2 до 73 мм в диапазоне допусков от 0,1 до 80 мм.

Литью в разовые песчаные формы соответствуют ряды припусков от 5-го до 13-го в зависимости от габаритных размеров отливки и ее сплава (табл. 2.5).

При выполнении учебной самостоятельной расчетно-графической работы можно назначить припуски по номограмме (рис 2.19.), которая дает менее точные значения, но упрощает процесс назначения припуска.

Припуски для недостающих рядов (5, 7, 9 и 11) определяют по номограмме экстраполяцией. Данная номограмма составлена для чистовой обработки. В стандарте содержатся значения припусков для

черновой, чистовой и окончательной обработки [3].

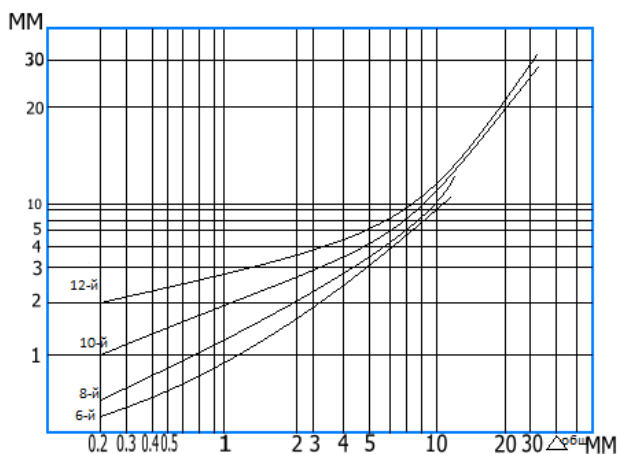


Рис. 2.19. Зависимость одностороннего припуска z на механическую обработку от общего допуска Δ элемента отливки

Размер отливки $L_{отл}$ устанавливают больше $(+z)$ или меньше $(-z)$ размера детали $L_{дет}$ в зависимости от расположения припусков:

$$L_{отл} = (L_{дет} \pm z_1 \pm z_2) \pm \Delta/2$$

где z_1 и z_2 - припуски на механическую обработку с одной и с другой стороны; Δ - допуск размерной точности отливки (расположение допуска может быть и несимметричным).

Расчет размеров отливки ведут с учетом выбранного положения ее в форме. Размеры на чертеже детали и отливки проставляют с учетом измерительной базы (базы разметки) и базы первоначальной обработки поверхности.

Измерительной базой называют необрабатываемую поверхность (или ее ось), относительно которой производят первоначальную

обработку. Размеры отливки и детали до необрабатываемых поверхностей проставляют от измерительной базы.

За базу первоначальной обработки принимают поверхность, обрабатываемую в первую очередь. Все размеры детали, обеспечиваемые механическим способом, проставляют от базы первоначальной обработки. В различных направлениях системы координат выбирают свои базы.

Для выполнения самостоятельной расчетно-графической работы применим и более упрощенный вариант определения припусков: припуски на механическую обработку в зависимости от литейного сплава, положения поверхности, на которую назначают припуск, определяют по табл.2.7 [4].

Таблица 2.7

Припуски на механическую обработку отливок из серого чугуна и стали

Наибольший габаритный размер детали, мм	Положение обрабатываемой поверхности при заливке	Номинальный размер, мм					
		До 120	121-260	261-500	501-800	801-1250	1251-2000
а) отливки стальные							
До 120	Верх, низ, бок	5 4	-	-	-	-	-
121-260	Верх, низ, бок	5 4	6 5	-	-	-	-
261-500	Верх, низ, бок	6 5	8 6	9 6	-	-	-
501-800	Верх, низ, бок	7 5	8 6	10 7	11 7	-	-
801-1250	Верх, низ, бок	9 6	10 7	11 8	12 8	13 9	-
1251-2000	Верх, низ, бок	10 7	11 8	12 9	13 9	14 10	16 11
б) отливки из серого чугуна							
До 120	Верх, низ, бок	4,5 3,5	-	-	-	-	-
121-260	Верх, низ, бок	5 4	5,5 4,5	-	-	-	-
261-500	Верх, низ, бок	6 4,5	7 5	7 6	-	-	-
501-800	Верх,	7	7	8	9	-	-

	низ, бок	5	5	6	7		
801-1250	Верх, низ, бок	5,5	8 6	8 6	9 7	10 7,5	-
1251-2000	Верх, низ, бок	8 6	8 6	9 7	9 7	10 8	12 9

Примечание. Под номинальным размером понимается расстояние от базы до обрабатываемой поверхности

Величину припуска на механическую обработку указывают цифрой перед знаком шероховатости поверхности детали (рис.2.12).

2.8.Формовочные уклоны и литейные радиусы

Назначение формовочных уклонов – обеспечение извлечения модели из формы. Формовочные уклоны придаются поверхностям модели перпендикулярным линии разъёма формы. От модели уклоны передаются форме, а затем и отливке.

Согласно ГОСТ 3212 – 92 *Комплекты модельные. Уклоны формовочные, стержневые знаки, допуски размеров* формовочные уклоны выбираются в зависимости от высоты формообразующей поверхности h и материала модельного комплекта по табл.2.8 в которой приведены угловые (β) и линейные (L) значения формовочных уклонов (рис.2.20.) [4].

Таблица 2.8

Значения формовочных уклонов формообразующих поверхностей модельного комплекта для песчано-глинистых смесей

Высота h , мм	Формовочный уклон β комплекта			
	Металлического, пластмассового		деревянного	
	-	мм	-	мм
До 10	2° 20'	0,40	2° 55'	0,50
Св. 10 до 16	1° 35'	0,45	1° 55'	0,55
Св.16 до 25	50'	0,50	1° 30'	0,65
Св. 25 до 40	35'	0,60	1° 05'	0,75
Св. 40 до 63	25'	0,65	45'	0,85
Св.63 до 100		0,75	35'	1,00
Св.100 до 160	20'	0,95	25'	1,20
Св.160 до 250		1,45	25'	1,85

Св.250 до 400		2,30	20'	2,30
Св.400 до 630		3,65		3,65

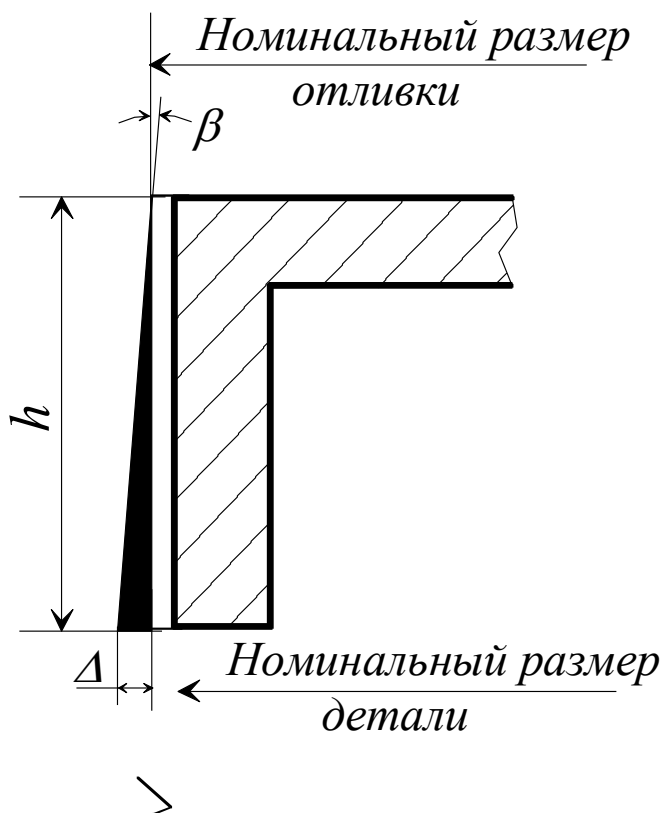


Рис.2.20. Формовочный уклон на поверхности отливки

Литейный радиус предусматривается в углах отливки (рис.2.21.). Величина литейного радиуса выбирается в зависимости от толщины стенки отливки по табл.2.9. Толщина стенки отливки определяется как наименьшая из сторон, формирующих угол отливки, например, согласно рис.2.21. для определения радиуса R следует принять $H = h_1$, а для определения радиуса R' следует принять $H = h_3$ [4]

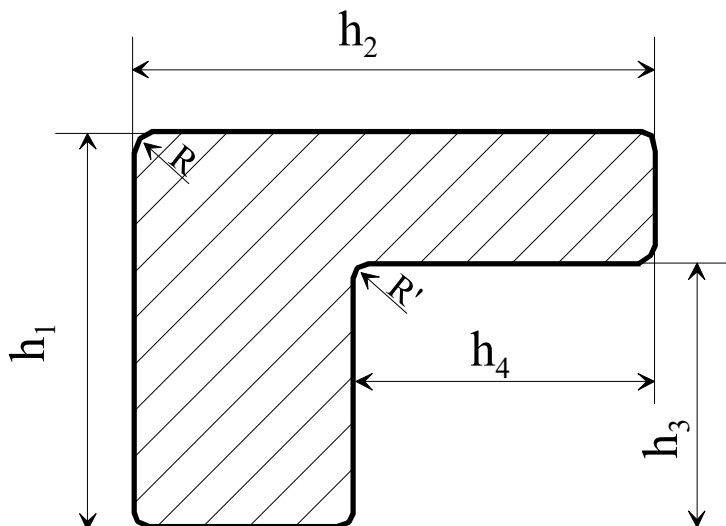


Рис.2.21. Литейные радиусы

Таблица 2.9

Данные к определению литейного радиуса R для отливок, обладающих средней склонностью к образованию дефектов (рис.2.21)

Толщина стенки H , мм	Литейный радиус R , мм, для классов склонности отливок к дефектам
До 5	2
Свыше 5 до 10	3
Свыше 10 до 30	3
Свыше 30 до 40	4
Свыше 40 до 50	4
Свыше 50 до 60	5
Свыше 60	6

Выполнимость отверстий в отливках оценивают по заданным значениям толщины h стенки и глубины (высоты) H отверстия по табл.2.10. и 2.11. За толщину стенки h принимается большая из толщин стенок, окружающих отверстие, например, согласно рис.44 $h = h_2$ (рис. 2.22.)

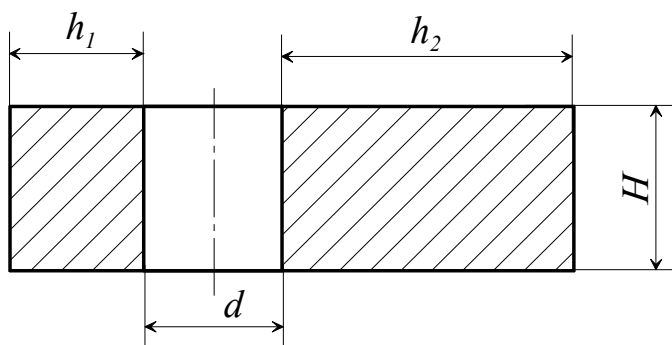


Рис.2.22. Эскиз к определению минимального диаметра литого отверстия в отливке

Таблица 2.10

Минимальный диаметр литого отверстия для чугунных отливок

Глубина (высота) H отверстия, мм	Минимальный диаметр d , мм, отверстия при толщине стенки отливки h , мм					
	До 10	свыше 10 до 20	свыше 20 до 30	свыше 30 до 40	свыше 40 до 50	свыше 50 до 60
До 10	6	10	12	14	16	18
Свыше 10 до 20	10	12	14	16	18	20
Свыше 20 до 30	12	14	16	18	20	24
Свыше 30 до 40	14	16	18	20	24	28
Свыше 40 до 50	16	18	20	22	28	30
Свыше 50 до 60	18	20	22	28	30	32

Таблица 2.11

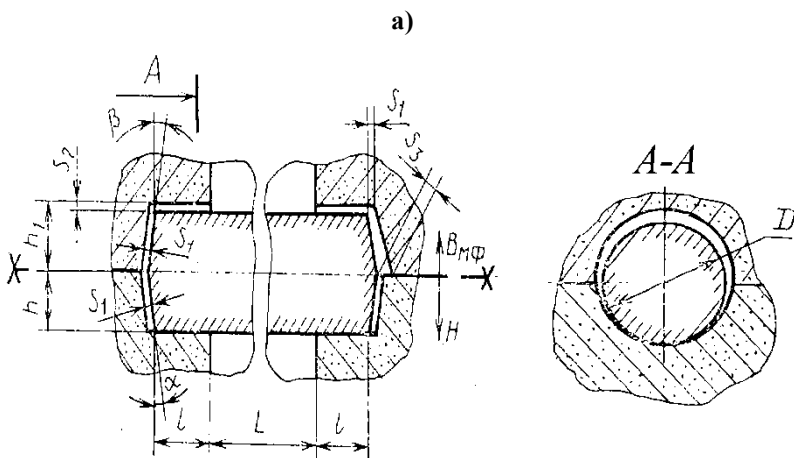
Минимальные литые отверстия в отливках из углеродистых сталей

Глубина (высота) H отверстия, мм	Минимальный диаметр d , мм, отверстия при толщине стенки отливки h , мм						
	До 40	свыше 40 до 60	свыше 60 до 80	свыше 80 до 100	свыше 100 до 150	свыше 150 до 200	свыше 200 до 300
До 40	24	30	35	40	40	40	40
Свыше 40	28	35	40	45	50	50	50

до 60							
Свыше 60 до 80	32	45	50	55	60	65	65
Свыше 80 до 100	35	50	55	60	65	70	75
Свыше 110 до 150	40	55	60	65	70	75	90
Свыше 150 до 200	45	60	65	70	75	80	100
Свыше 200 до 300	50	65	70	75	80	90	110
Свыше 300 до 500	55	70	75	80	95	110	130
Свыше 500 до 800	60	75	80	90	100	120	140

2.9. Размеры стержневых знаков

Согласно ГОСТ 3212 – 92 *Комплекты модельные. Уклоны формовочные, стержневые знаки, допуски размеров* в зависимости от положения стержня при сборке стержни подразделяются на горизонтальные (рис.2.23., а) и вертикальные (рис.2.23., б).



б)

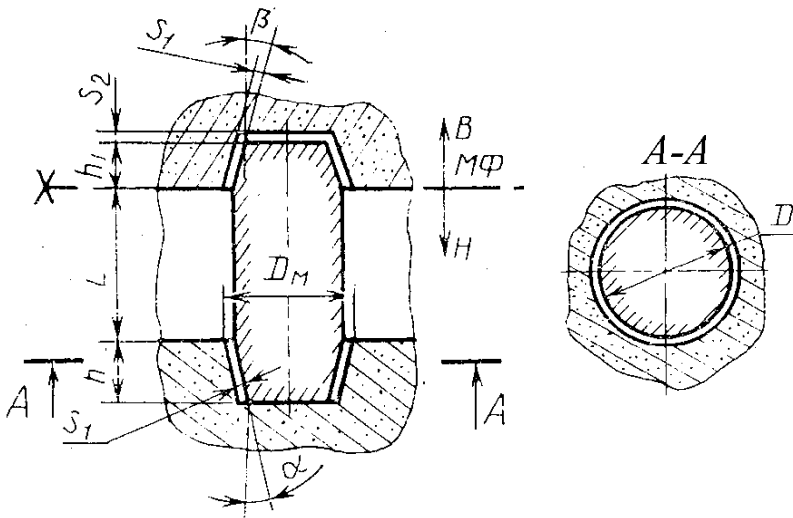


Рис.2.23. Параметры знаков стержней горизонтального (а) и вертикального (б) исполнения

Длина горизонтальных знаков стержней должна соответствовать значениям, указанным в табл.2.12. Высоту нижних вертикальных знаков следует принимать по табл.2.13. Высоту верхнего вертикального знака следует принимать не менее 0,5 от высоты нижнего знака [4].

Таблица 2.12

Длина горизонтальных знаков стержней (рис.2.23., а)

D, мм	Длина знака l(мм), не более при длине стержня L (мм)							
	До 40	Св.40 до 63	Св.63 до 100	Св.100 до 160	Св.160 до 250	Св.250 до 400	Св.400 до 630	Св.630 до 1000
До 25	20	25	30	35	-	-	-	-
Св. 25 до 40					45	50		
Св. 40 до 63				40	50	60	75	95

Св. 63 до 100			35	45	55	65	85	105	
Св. 100 до 160	35	40		50	60	75	95	115	130
Св. 160 до 250			40		65	80	100	125	145
Св. 250 до 400	40	40	45	60	75	85	110	140	160
Св. 400 до 630				65	85	100	130	160	180

Таблица 2.13

Высота нижнего вертикального знака стержней (рис.2.23., б)

D, мм	Высота знака h (мм), не более при высоте стержня L (мм)								
	До 40	Св.40 до 63	Св.63 до100	Св.100 до 160	Св.160 до 250	Св.250 до 400	Св.400 до 630	Св.630 до1000	Св.1000 до 1600
До 25	20	30	30	30	-	-	-	-	-
Св. 25 до 40					50	60			
Св. 40 до 63	25	35	35	35	40		50	80	110
Св. 63 до 100						35		40	60
Св. 100 до 160	40	50	80	120					
Св. 160 до 250					40	50	80	120	
Св. 250 до 400	40	50	80	120					
Св. 400 до 630					40	40	40	40	40

Уклоны на знаковых поверхностях стержней должны выбираться по табл.2.14.

При определении технологических зазоров S_1 и S_2 следует пользоваться рекомендациями табл.2.15. Значение зазора S_3 следует принимать равным $1,5 \cdot S_1[4]$

Таблица 2.14

Величина уклонов на знаковых поверхностях (рис.2.23.)

Высота знака h или h_1 , мм	Уклон знаков			
	Для низа α		Для верха β	
	градус	мм	градус	мм
До 40	10° 00'	4,5	15° 00'	8,2
Св. 40 до 63	7° 00'	5,5	10° 00'	9,0
Св. 63 до 100	6° 00'	8,5	8° 00'	11,7
Св. 100 до 160	5° 00'	11,5	6° 00'	16,0
Св. 160 до 250	5° 00'	14,0	6° 00'	19,0
Св. 250 до 400	5° 00'	17,0	6° 00'	23,0

Таблица 2.15

Технологические зазоры S_1 и S_2 между знаками формы и стержня
(рис.2.23.)

Высота знака или h ₁ , мм	Зазоры S ₁ и S ₂ (мм) при длине стержня, мм								
	До 40	Св.40 до 63	Св. 63 до 100	Св. 100 до 160	Св. 160 до 250	Св. 250 до 400	Св. 400 до 630	Св. 630 до 1000	Св. 1000 до 1600
До 25	0,8	0,9	1,1	1,2	1,4	1,7	2,1	2,7	3,5
Св. 25 до 40	1,2	1,3	1,5	1,6	1,8	2,1	2,5	3,0	4,0
Св. 40 до 63	1,3	1,4	1,6	1,7	1,9	2,2	2,6		
Св. 63 до 100		1,5		1,8	2,0				
Св. 100 до 160	1,4	1,6	1,7	1,9	2,1	2,3	2,7	3,1	

3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

В соответствии с индивидуальным вариантом задания каждый студент, следуя примеру, представленному в Приложении 2:

1. Приводит исходные данные: чертеж детали с указанием всех размеров, литейный сплав, характер производства и т.д.

2. Определяет и указывает на чертеже и обосновывает приемлемые и неприемлемые разъемы модели и формы– с учетом XXX рекомендаций раздела настоящего пособия.

3. Определяет и обосновывает положение отливки в форме и выбранную плоскость разъема модели и формы

4. Устанавливает припуски на механическую обработку детали (по таблице), вносит значения припусков в таблицу 3.1(столбец № 2)

Таблица 3.1

Размеры детали, мм	Припуск на механическую обработку, мм (табл. 2.7.)	Размеры отливки, мм	Припуск на усадку, мм*	Размеры, мм	
				модели	стержневого ящика
1	2	3	4	5	6

Примечание: линейная усадка для стали 2%, для чугуна 1%; для цветных сплавов – 1,5%

4. Выполняет расчет размеров отливки, вносит значения в таблицу 3.1 (столбец № 3).

5. Выполняет расчет припусков на линейную усадку отливки в зависимости от материала детали, вносит значения припусков таблицу 3.1 (столбец № 4).

6. Выполняет расчет размеров модели, стержневого ящика, вносит значения размеров в таблицу 3.1 (столбцы № 5 и 6).

7) Выполняет чертеж (схему) отливки, указывает на чертеже ее размеры.

- 8.Выполняет чертеж (эскиз) модели,указывает ее размеры.
9. Выполняет чертеж (эскиз) стержневого ящика, указывает на эскизе его размеры.
- 10.Проектирует расположение элементов литниковой системы (питатель, шлакоуловитель, стояк, выпор).
11. Разрабатывает технологический процесс формовки.
12. Разрабатывает и оформляет чертеж (эскиз) литейной формы в сборе.
13. Приводит описание технологического процесса изготовления литейной формы в сборе.

4. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Результаты должны быть представлены в виде расчётно-пояснительной записки, выполненной на листах формата А4, в которой содержатся:

1. Номер варианта и исходные данные с эскизом детали.
2. Сущность и область применения литейного производства (4-5 предложений) с обоснованием выбранного способа изготовления заготовки (литье) и выбранного способа литья (в песчано-глинистую форму).
3. Обоснование выбора способа литья, положения отливки в форме, способа подвода металла к литейной полости.
- 4.Эскиз(ы) вариантов разъемов с пояснением их приемлемости/неприемлемости.
5. Сводная таблица с основными размерами детали, отливки, модели и стержневого ящика (табл. 3.1).
6. Эскизы отливки, модели, стержневого ящика с указанием размеров.
7. Чертёж (эскиз) литейной формы в сборе с нанесением элементов литниковой системы.
8. Последовательность изготовления формы, изложить письменно.

5. ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Что называется модельным комплектом? Что входит в его состав? Назначение каждого элемента.
2. Какие чертежи разрабатываются при проектировании технологии изготовления отливки?
3. Каким рекомендациям следуют при выборе положения отливки в форме и определения линии разъёма формы?
4. Как назначаются и изображаются на чертеже припуски под механическую обработку? Для чего нужны эти припуски?
5. Почему при назначении припусков необходимо учитывать положение отливки в форме?
6. Что такое линейная усадка? Как рассчитываются припуски на линейную усадку?
7. Как определяется положение элементов литниковой системы в литейной форме? Что входит в состав литниковой системы? Назначение каждого элемента литниковой системы.
8. Как отличаются между собой размеры детали, отливки и модели?
9. Что такое теневой рельеф? На каком этапе проектирования технологии изготовления отливки необходимо учитывать теневой рельеф?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Горячая обработка металлов Ч.1: Метод. указания/ Сост.: В. В. Буковнев, Ф. Ф. Бенуа. – Л.: ЛИВТ, 1981, 66с.
2. Технология литейного производства: Литьё в песчаные формы: Учебник для студентов вузов/А.П. Трухов, Ю.А. Сорокин, М.Ю. Ершов и др.; Под ред. А.П. Трухова. – М. Издательский центр «Академия», 2005. – 528 с.
3. Материаловедение. Технология конструкционных материалов. Учебное пособие./Е.И. Серяков, М.М. Радкевич, В.П. Третьяков. Изд-во Политехнического университета. 2013, 190 с.

4. Материаловедение. Технология конструкционных материалов. Практикум по технологии литейного производства. Учебное пособие Ю. Н. Цветков, И. Г. Зайцев; Санкт-петербургский государственный университет водных коммуникаций. 2007, 93 с.

ПРИМЕРЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЛИТЕЙНОЙ р ФОРМЫ

В связи с ограниченным количеством учебных часов в учебном плане для настоящей дисциплины в расчетно-графических работах не требуется выполнение расчетов размеров элементов литниковой системы, стержневых знаков, опок, формовочных уклонов и литейных радиусов, толщин стенок, радиусов их сопряжений и т.д.

В примерах выполнены следующие задачи:

- выбор способа получения отливки;
- выбор положения отливки в форме, анализ ее технологичности;
- определение припусков на механическую обработку и на линейную усадку отливки;
- расчет размеров отливки, модели и стержневого ящика;
- построение чертежей (эскизов) отливки, модели, стержневого ящика;
- выбор способа подвода металла в полость литейной формы (проектирование литниковой системы);
- разработка и построение чертежа (эскиза) литейной формы в сборе:
- письменное изложение последовательности изготовления литейной формы

ПРИМЕР № 1.
ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЛИТЕЙНОЙ ФОРМЫ ДЛЯ ДЕТАЛИ
«ВТУЛКА» ИЗ СТАЛИ 30Л, ПРОИЗВОДСТВО
МЕЛКОСЕРИЙНОЕ (РИС. П1)

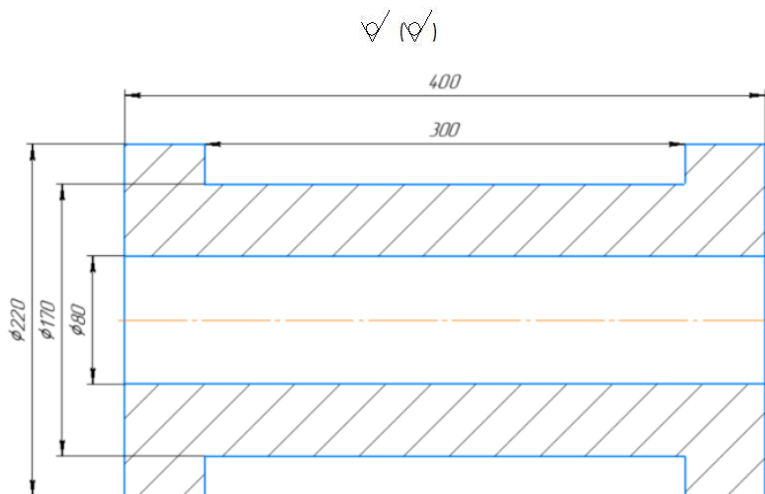


Рис. П1, Втулка (исходное задание).

1. Выбор способа получения отливки.

Деталь «втулка» имеет форму цилиндра с двумя наружными буртами и с внутренним сквозным отверстием.

Применение специальных методов литья нецелесообразно, так как характер производства – мелкосерийный. Выбираем литье в песчано-глинистую форму, как наиболее универсальное и дешевое. Формовка – ручная.

2. Выбор положения отливки в форме. Анализ технологичности детали

Внешние очертания детали имеют простую геометрическую форму в виде цилиндра диаметром 170 мм с двумя наружными

буртами. Внутренняя полость представляет собой сквозное отверстие диаметром 80 мм. Отверстие получим с помощью стержня.

Положение отливки в форме определяет качество металла в различных зонах детали и устройство литейной формы. Варианты разъемов модели и форму приведены на рис. П2.

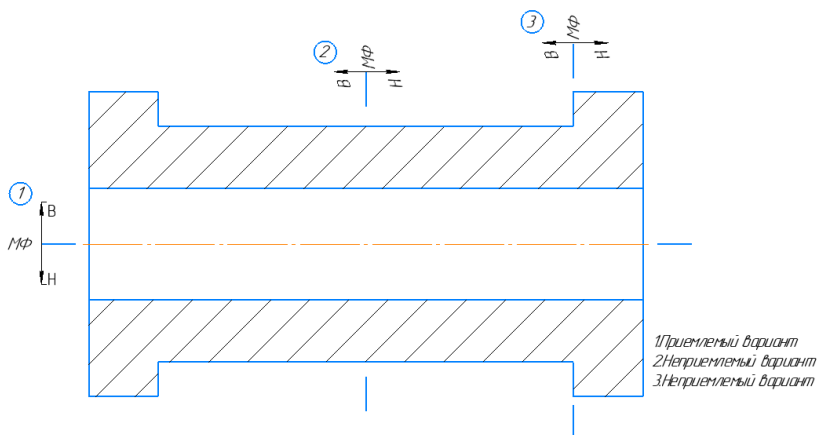


Рис. П 2. Варианты разъемов модели и формы

Вариант 1 гарантирует наиболее дешевое производство отливки, так как форма будет состоять из двух частей и потребуются только один разъем формы и модели, но цилиндрическая часть втулки может иметь шлаковые включения и пористость.

Варианты 2 и 3 обеспечат наилучшее качество цилиндрических поверхностей, однако в исполнении с одним разъемом не приемлемы, так как не обеспечивают свободного извлечения модели из формы. Для формовки детали в вертикальном положении потребуется значительное усложнение литейной формы, она будет состоять из трех частей и иметь не менее двух разрезов модели и формы.

Для дальнейшей работы выбираем вариант № 1, как наиболее простой и экономичный.

3. Расчет размеров отливки, модели, стержневого ящика.

Припуски на механическую обработку назначали для горизонтального положения отливки в форме и с учетом рекомендаций таблицы 2.7. Например, для диаметра детали, равного 170 мм (наибольший габаритный размер 400 мм) выбираем припуск на сторону (радиус) для «низа» 8 мм, на диаметр – 16 мм и получаем Ø186 мм. Линейную усадку определяем в процентах от размеров отливки (для стали – 2%)

Припуски на механическую обработку и линейную усадку, а также размеры отливки, модели и стержневого ящика приведены в таблице П1

Таблица П1

Размеры детали, отливки, модели и стержневого ящика для изготовления детали «втулка»

Размеры детали, мм	Припуск на механическую обработку, мм	Размеры отливки, мм	Припуск на усадку, мм	Размеры, мм	
				модели	стержневого ящика
1	2	3	4	5	6
Ø220	+16	Ø236	+5	Ø241	
Ø170	+16	Ø186	+4	Ø190	
Ø80	-10	Ø70	-2	Ø68	Ø68
400	+18	418	+8	426	
300	+18	318	+6	324	

Эскиз отливки детали «втулка» с учетом припусков под механическую обработку приведен на рис. П3.

Эскиз модели для изготовления детали «втулка» приведена на рис. П4. Эскиз стержневого ящика приведен на рис. П5.

Чертеж (эскиз) литейной формы в сборе приведен на рис. П6.

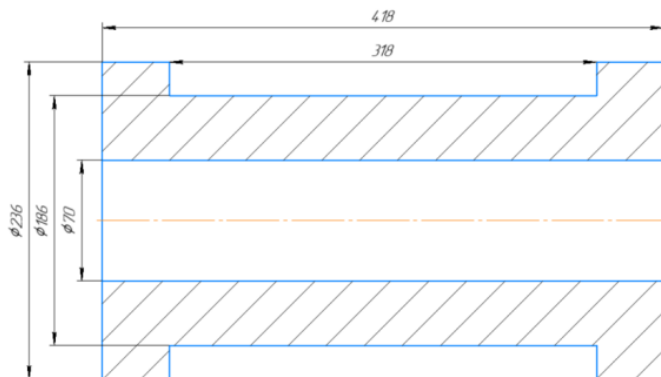


Рис. П3. Отливка детали «втулка» (эскиз)

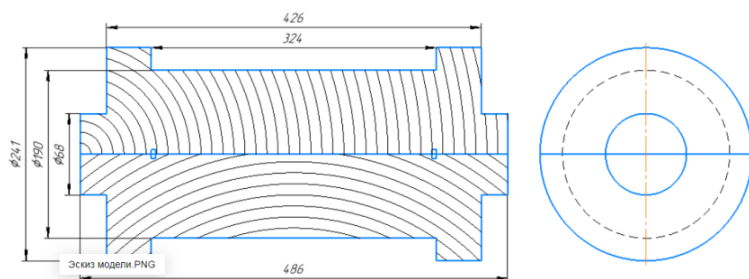


Рис. П4. Модель детали «втулка» (эскиз)

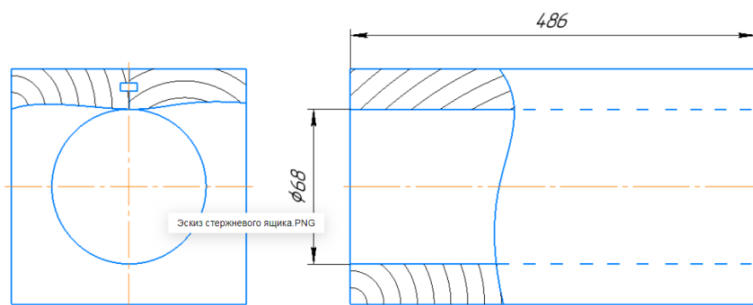


Рис. П5. Стержневой ящик для изготовления детали «втулка»

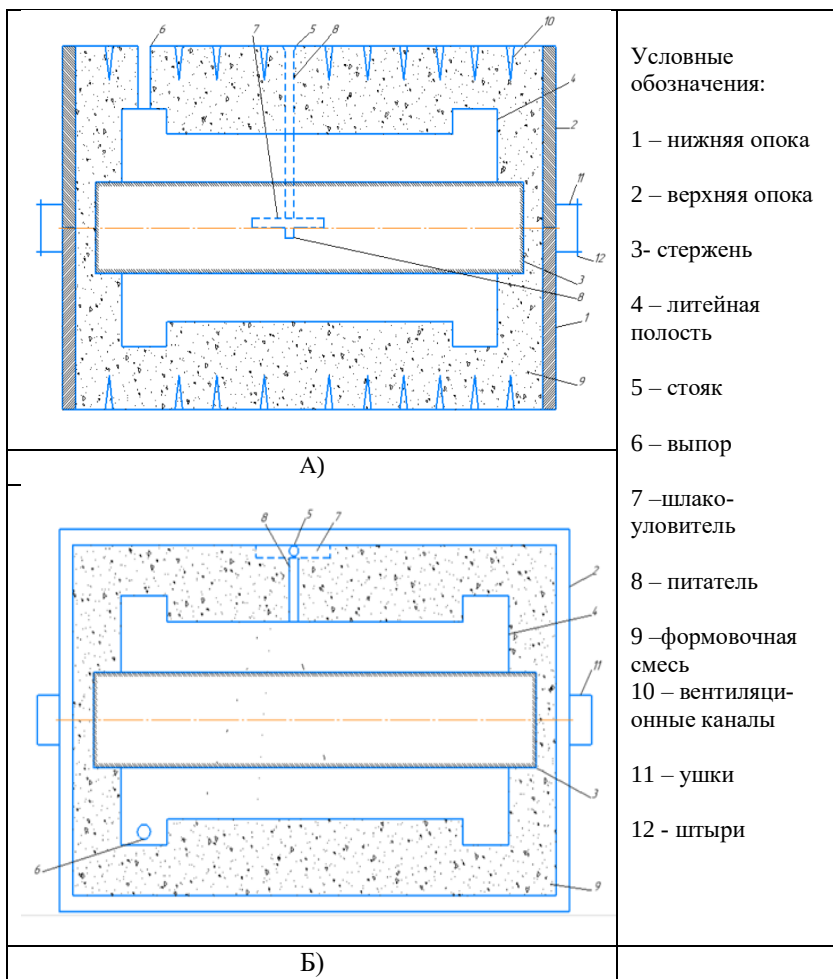


Рис. П6. Литейная форма в сборе

4. Последовательность изготовления литейной формы

Изготовление формы осуществляют в следующей последовательности:

1. Укладывают нижнюю половину модели плоской стороной на модельную плиту, укладывают также на модельную плиту модель

питателя в соответствии с выбранной схемой подвода расплавленного металла в полость (рис. П6). Устанавливают на модельную плиту нижнюю опоку.

2. Равномерно засыпают опоку формовочной смесью и уплотняют её вручную с помощью трамбовки. По окончании набивки нижней полуформы, убирают излишек смеси с опоки гладилкой и выполняют наколы душиком для создания в форме *вентиляционных каналов* (наколы не должны доходить до поверхности модели).

3. Кантуют нижнюю опоку на 180°, т.е. устанавливают ее плоскостью разъема вверх. Посыпают плоскости разъема формы тонким слоем мелкого сухого песка, называемого *разделительным*, чтобы при снятии *верхней полуформы* она свободно отделилась от *нижней*.

4. Устанавливают *верхнюю опоку* на нижнюю и центруют ее с нижней двумя штырями, устанавливаемыми в специальных ушках опок на противоположных стенках.

Устанавливают верхнюю половину модели детали, модель шлакоуловителя, модели *стояка* и *выпоров*. Набивают верхнюю полуформу формовочной смесью, уплотняют ее.

5. Разделяют вручную верхнюю часть стояка до размеров и формы литниковой чаши.

Извлекают модели стояка и выпоров, для чего вначале производят вращательное движение (или покачивание) моделей вокруг оси и затем последующее их извлечение.

6. Снимают верхнюю полуформу, поворачивают ее на 180°, осторожно извлекают обе части модели из нижней и верхней полуформ, а также модели питателя и шлакоуловителя. Подправляют вручную случайно поврежденные места.

7. Изготавливают и устанавливают стержень в нижнюю полуформу с опорой на стержневые знаки.

8. Собирают форму под заливку, т.е. тщательно устанавливают верхнюю полуформу на нижнюю, центрируя полуформы с помощью штырей по контрольным отверстиям в опоках; скрепляют опоки между собой.

ПРИМЕР № 2.
ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЛИТЕЙНОЙ ФОРМЫ ДЛЯ
ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ «ТЯГА» (РИС. П7) ИЗ СТАЛИ 40Л,
ПРОИЗВОДСТВО МЕЛКОСЕРИЙНОЕ.

✓ (✓)

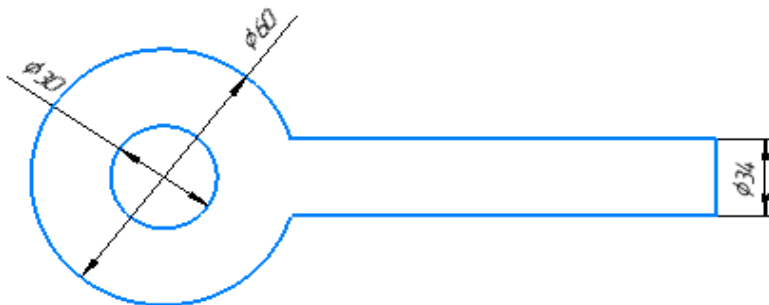


Рис. П7. Тяга (исходное задание)

1. Выбор положения отливки в форме

На рис. П8 приведены приемлемые (№ 1 и № 2) и неприемлемый (№ 3) варианты положения отливки в форме

Анализ конфигурации детали и возможностей ее формовки показал, что горизонтальное расположение отливки в форме (с вертикальным или горизонтальным положением стержня) являются приемлемыми.

Вертикальное расположение отливки с разъемом модели и формы по стержню детали не приемлемо в связи с невозможностью извлечения модели из формы. Приемлемым будет вертикальное расположение с разъемом модели и формы по оси цилиндрической части отливки. Однако вертикальное расположение детали приведет к увеличению высоты литейной формы и ее удорожанию

Принимаем для учебных целей в качестве приемлемых положений детали в форме и разъемов модели и формы варианты №1 и №2. В этом случае чертежи отливки и стержневого ящика будут общими для

обоих вариантов. А чертежи модели и литейной формы необходимо разработать отдельно для каждого выбранного варианта

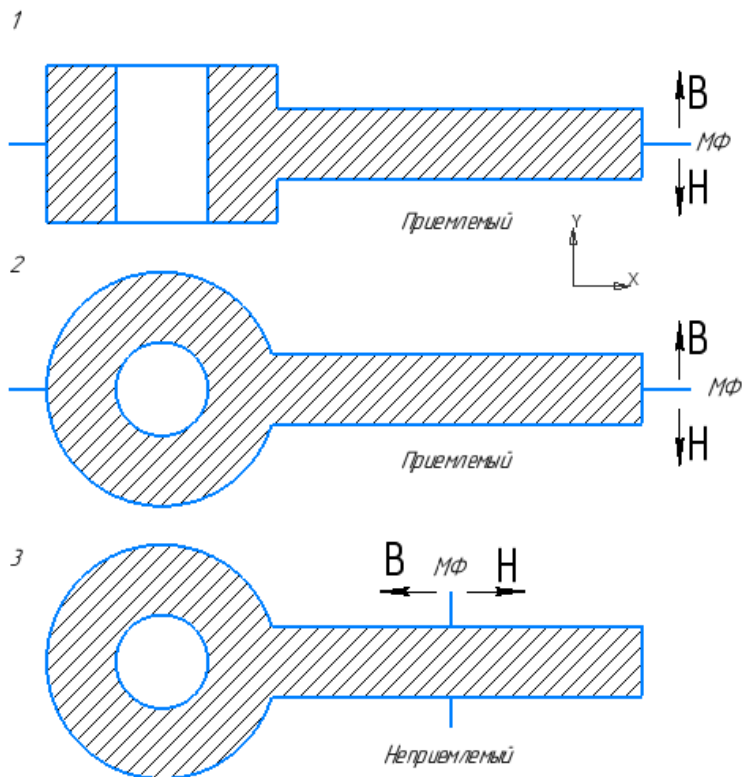


Рис. П8. Варианты разъемов модели и формы при формовке детали «тяги»

2. Расчет размеров отливки, модели, стержневого ящика.

Припуски на механическую обработку назначали с учетом рекомендаций табл. 2.7, припуски на линейную усадку определяли в процентах от размеров отливки (для стали – 2%)

Размеры детали, отливки и стержневого ящика приведены в таблице П2.

Таблица П2

Припуски на механическую обработку и линейную усадку, размеры
детали, отливки и стержневого ящика

Размеры детали, мм	Припуск на механическую обработку, мм	Размеры отливки, мм	Припуск на усадку, мм	Размеры, мм	
				Модели	Стержневого ящика
Ø30	-8	Ø 22	-0,4	21,6Ø	Ø21,6
Ø 60	10	Ø 70	1,4	Ø 71,4	-
Ø 34	10	Ø 44	0,9	Ø 44,9	-
248	10	258	5,2	263,2	-

Чертеж (эскиз) отливки детали «тяги» приведен на рис. П9.

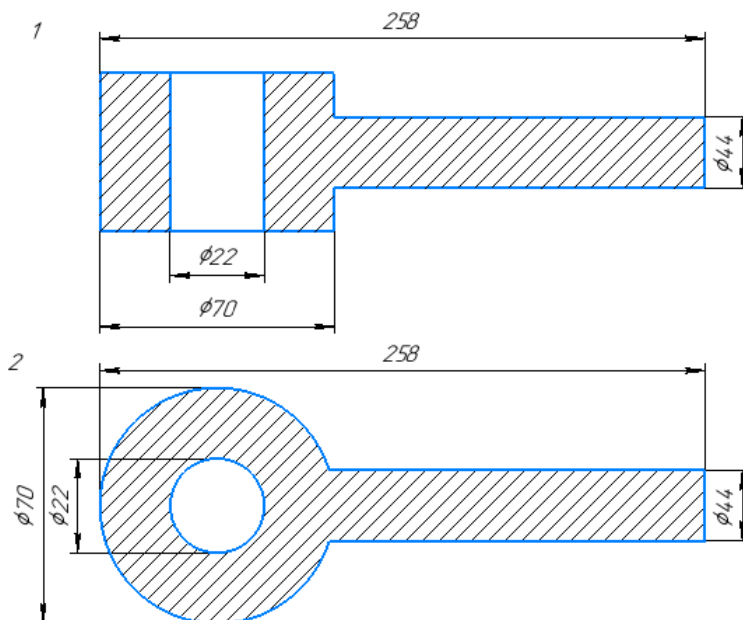


Рис. П9. Эскиз отливки детали «тяги»

Эскиз стержневого ящика для вариантов разъема модели и формы
№№ 1 и 2 при формовке детали «тяги» приведен на рис. П10.

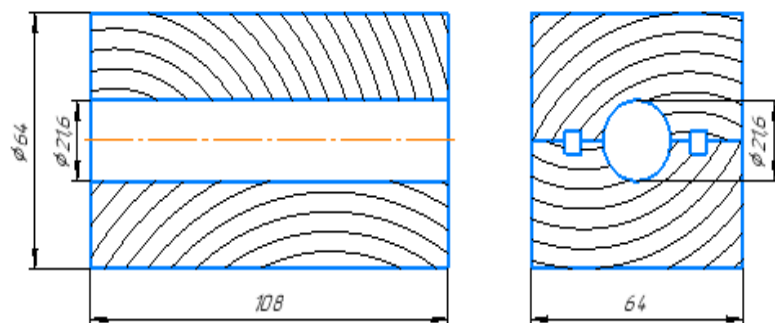


Рис. П10. Эскиз стержневого ящика для вариантов разъема модели и формы №№ 1 и 2

Чертежи (эскизы) модели и литейной формы в сборе для варианта разъема модели и формы №№ 1 и 2, то есть для вертикального положения стержня при формовке детали «тяги» приведен на рис. П11 и П12.

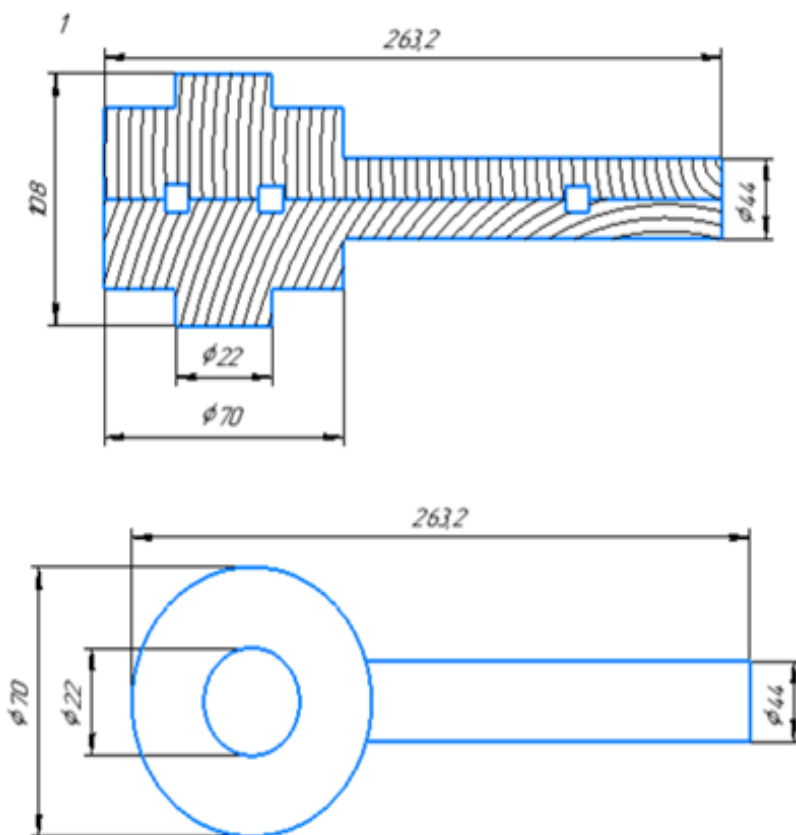


Рис. П11. Эскиз модели для формовки детали «тяга» по варианту разреза модели и формы № 1 (с вертикальным положением стержня)

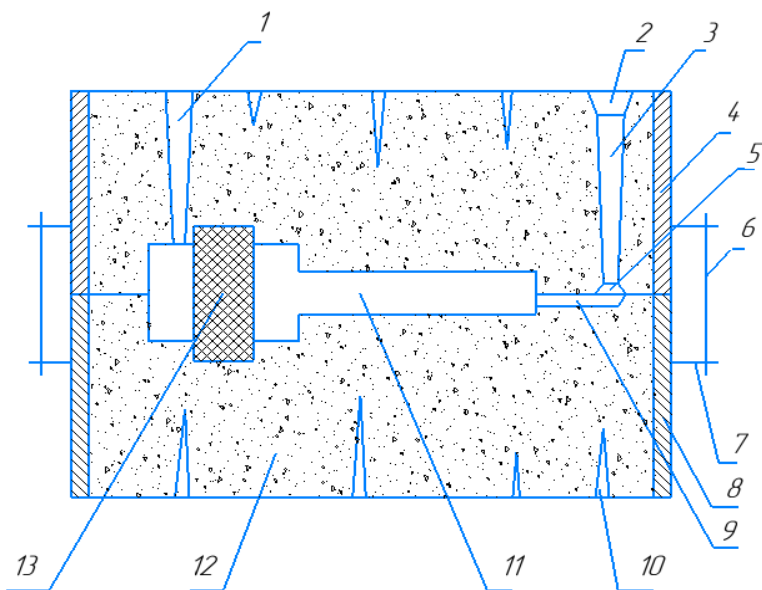


Рис. П12. Эскиз литейной формы в сборе для формовки детали «тяга» с вертикальным расположением стержня (вариант разъема модели и формы № 1)

Условные обозначения: 1 – выпор, 2 – литейная чаша, 3 – стояк, 4 – верхняя опока, 5 – шлакоуловитель, 6 – штырь, 7 – ушки, 8 – нижняя опока, 9 – питатель, 10 – вентиляционные каналы, 11 – литейная полость, 12 – формовочная смесь, 13 – стержень.

Чертежи (эскизы) модели и литейной формы в сборе для варианта разъема модели и формы №2, то есть для горизонтального положения стержня при формовке детали «тяга» приведен на рис. П13 и П14.

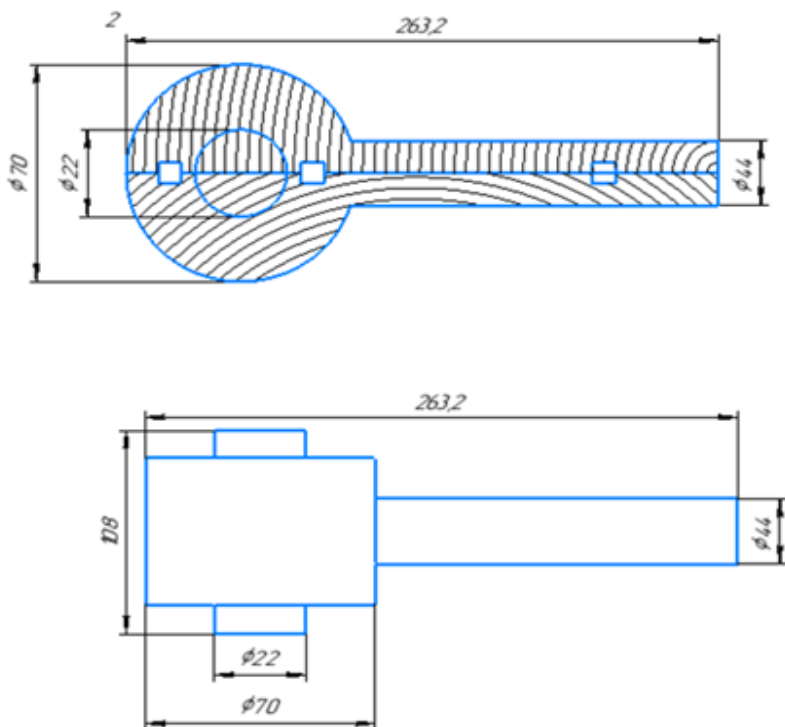


Рис. П13. Эскиз модели для формовки детали «тяги» к варианту разреза модели и формы № 2(с горизонтальным положением стержня)

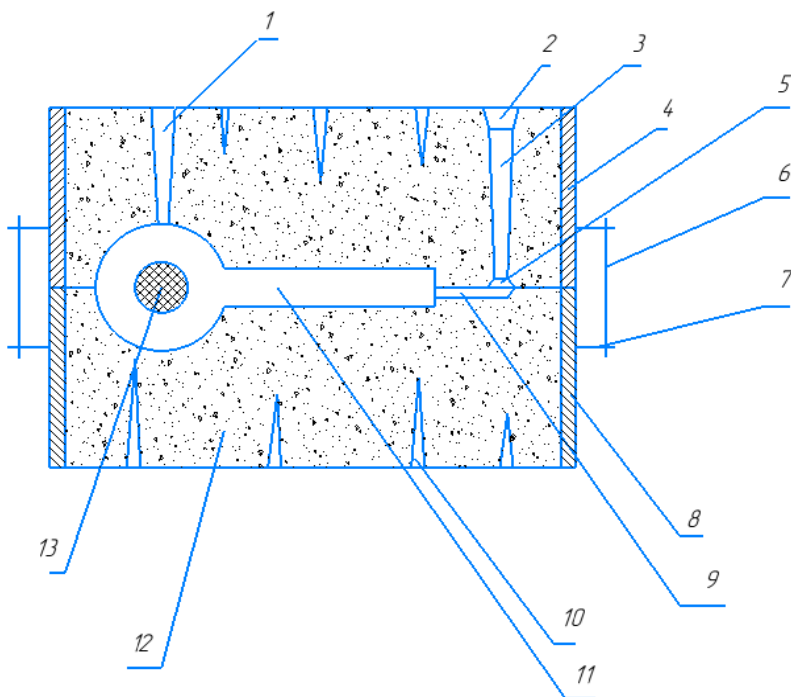


Рис. П14. Эскиз литейной формы в сборе для формовки детали «тяга» с горизонтальным расположением стержня (вариант разъема модели и формы № 2)

Условные обозначения: 1 – выпор, 2 – литейная чаша, 3 – стояк, 4 – верхняя опока, 5 – шлакоуловитель, 6 – штырь, 7 – ушки, 8 – нижняя опока, 9 – питатель, 10 – вентиляционные каналы, 11 – литейная полость, 12 – формовочная смесь, 13 – стержень.

3. Последовательность изготовления литейной формы

(см. пример № 1)

ПРИМЕР № 3.
ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЛИТЕЙНОЙ ФОРМЫ ДЛЯ
ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ «ШТУЦЕР» (РИС. П15)
ИЗ СТАЛИ 15Л, ПРОИЗВОДСТВО МЕЛКОСЕРИЙНОЕ.

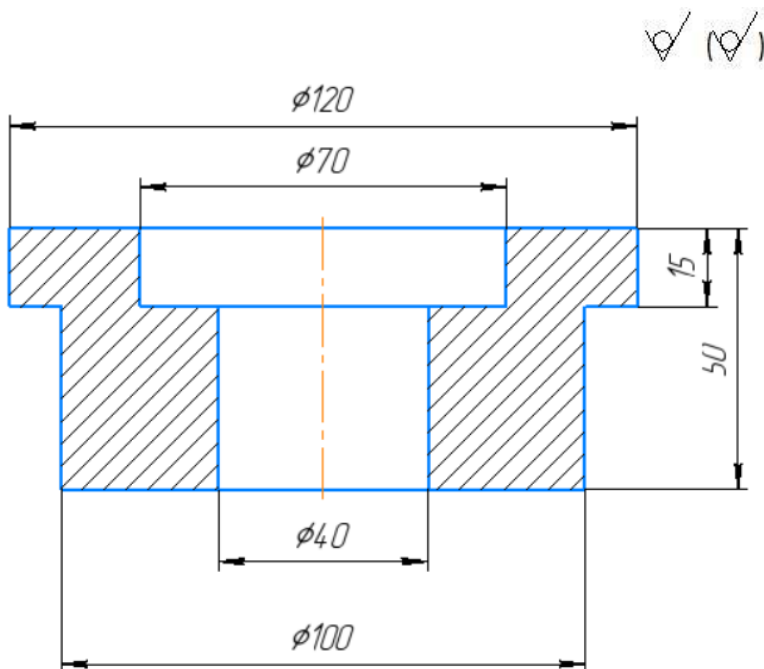


Рис. П15. Штуцер (исходное задание)

1. Выбор положения отливки в форме.

На рис. П16 приведены приемлемые (№ 1 и 2) и неприемлемый (№ 3) варианты положения отливки в форме

Анализ конфигурации детали и возможностей ее формовки показал, что положение отливки в форме по варианту № 3 не приемлемо, так как не обеспечит свободного извлечения модели из формы.

Формовка по вариантам №№ 1 и 2 приемлема, однако в случае варианта №1 (с горизонтальным положением стержня) на цилиндрической части детали возможно появление дефектов в виде шлаковых включений, пористости и др. Торцовые поверхности будут в более выгодном положении.

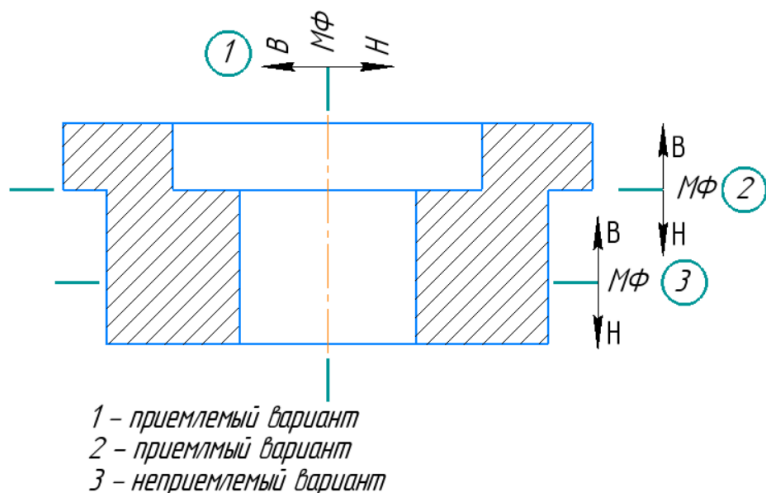


Рис. П16. Приемлемые (№№ 1 и 2) и неприемлемый (№ 3) варианты расположения разъемов модели и формы при формовке детали «штуцер»

Для формовки отливки по варианту № 2 (с вертикальным положением стержня) имеем обратную картину: верхняя торцовая поверхность может быть подвержена дефектообразованию, а цилиндрические поверхности находятся в более выгодном положении.

В учебных целях рассмотрим формовку по обоим приемлемым вариантам. При этом эскизы отливки и стержневого ящика будут общими для обоих вариантов, а эскизы модели и литейной формы в сборе будут разрабатываться отдельно для каждого выбранного варианта.

2. Расчет размеров отливки, модели, стержневого ящика.

Припуски на механическую обработку назначали с учетом рекомендаций табл. 2.7, припуски на линейную усадку определяли в процентах от размеров отливки (для стали – 2%)

Размеры детали, отливки и стержневого ящика приведены в таблице ПЗ.

Таблица ПЗ

Припуски на механическую обработку и линейную усадку, размеры детали, отливки и стержневого ящика

Размеры детали, мм	Припуск на механическую обработку, мм	Размеры отливки, мм	Припуск на усадку, мм	Размеры, мм	
				Модели	Стержневого ящика
Ø120	+8	Ø 128	+2,56	Ø 130,6	
Ø 100	+ 8	Ø 108	+ 2,16	Ø 110,2	
Ø 70	-8	Ø 62	-1,24	Ø 60,8	Ø 60,8
Ø 40	-8	Ø 32	-0,64	Ø 31,4	Ø 31,4
50	+9	59	+1,18	60,2	
15	+9	24	+0,48	24,5	

Чертеж (эскиз) отливки детали «штуцер» приведен на рис. П17.

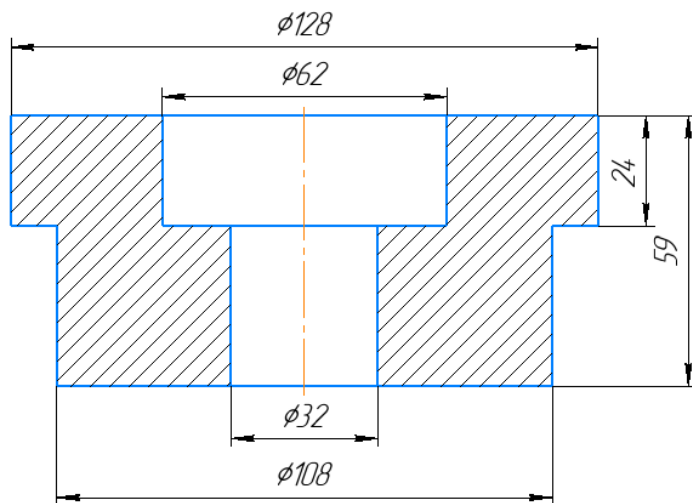


Рис. П17. Отливка детали «штуцер» (эскиз)

Эскиз стержневого ящика для изготовления стержня при формовке детали «штуцер» по вариантам №№ 1 и 2 приведен на рис. П18.

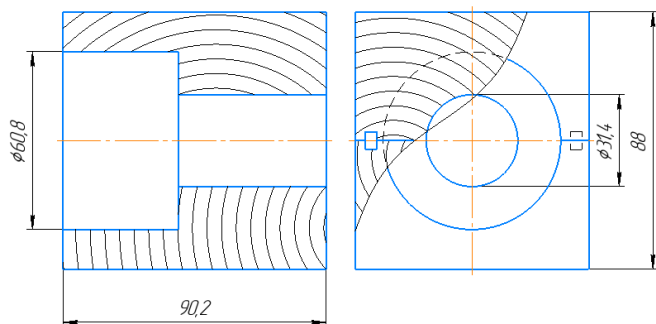


Рис. П 18. Стержневой ящик для изготовления детали «штуцер» (эскиз)

На рис. П19 и П20 приведены эскизы модели и литейной формы в сборе для формовки детали «штуцер» по варианту № 1 (с горизонтальным положением стержня).

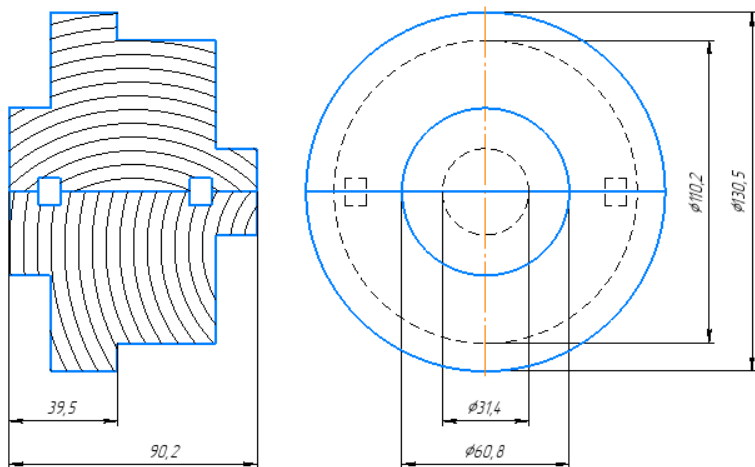


Рис. П19. Модель детали «штуцер» для ее формовки по варианту № 1 – с горизонтальным положением стержня (эскиз).

9 10 13 1 8 9

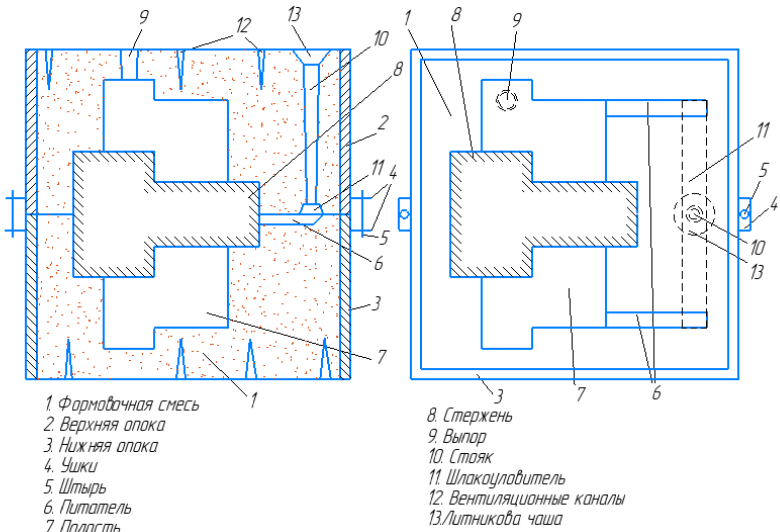


Рис. П20. Литейная форма в сборе (эскиз) для формовки детали «штуцер» по варианту № 1 с горизонтальным расположением стержня (слева – основной вид, справа – вид сверху)

На основном виде (слева) не ясно, как подается металл в полость питателем. На виде сверху показано, что металл подается в полость от шлакоуловителя через два питателя.

На рис. П21 и П22 приведены эскизы модели и литейной формы в сборе для формовки детали «штыцер» по варианту № 2 (с вертикальным расположением стержня)

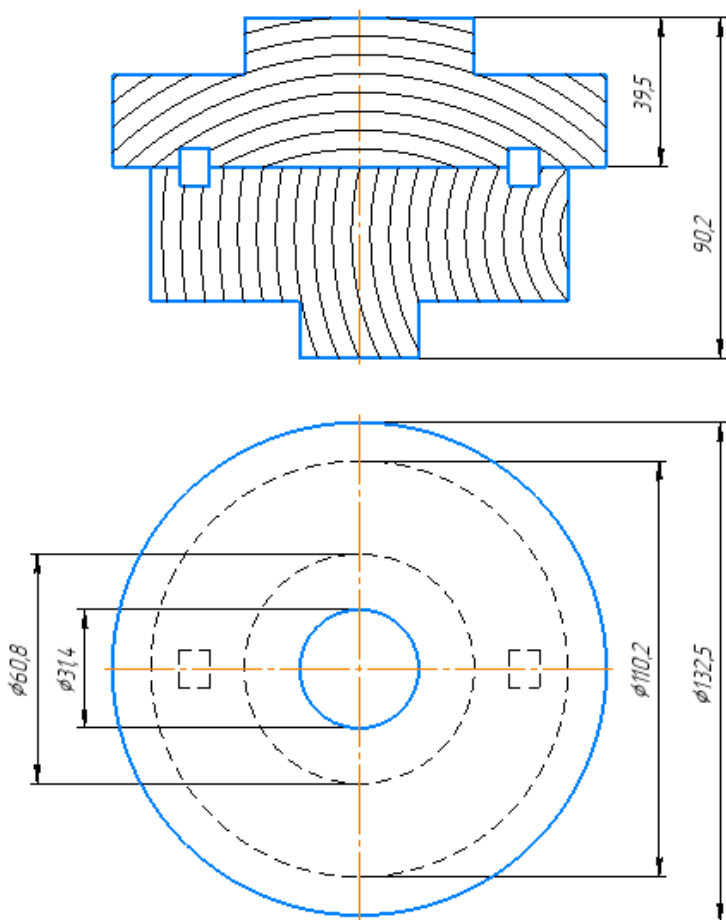


Рис. П21. Модель детали «штуцер» для ее формовки по варианту № 2 – с вертикальным положением стержня (эскиз).

Размеры стержневых знаков приняты произвольно, но так, чтобы ширина модели (размер 90,2 мм) соответствовала длине стержневого ящика.

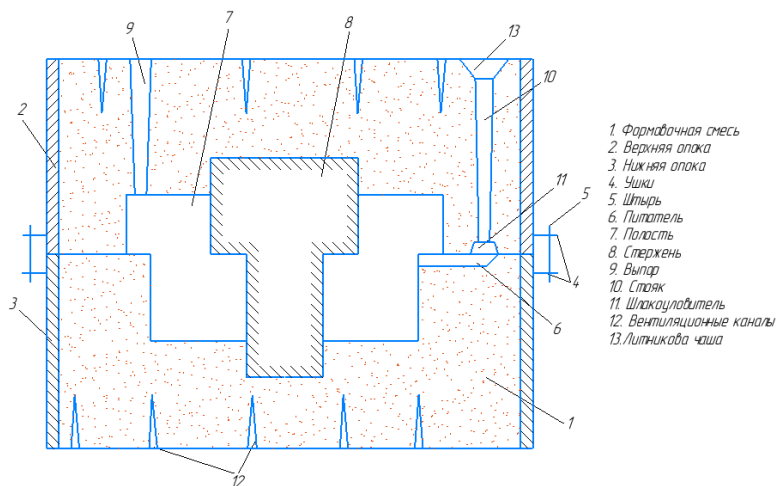
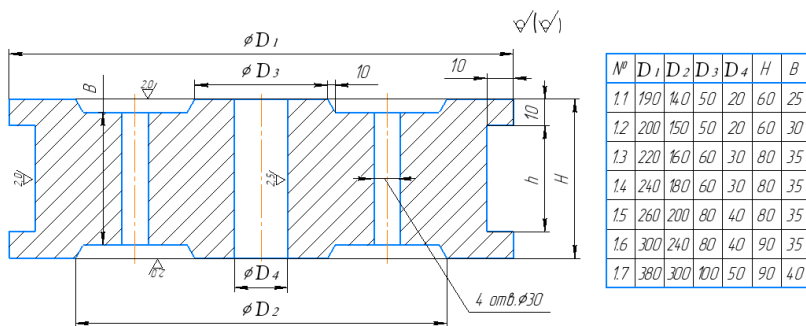


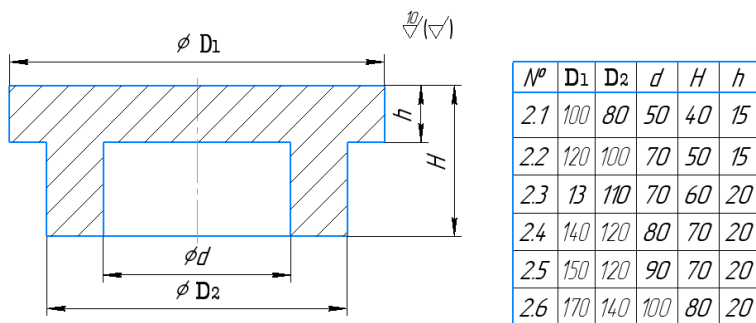
Рис. П 22. Литейная форма в сборе (эскиз) для формовки детали «штуцер» по варианту № 2 с вертикальным расположением стержня

3. Последовательность изготовления литейной формы (см. пример № 1)

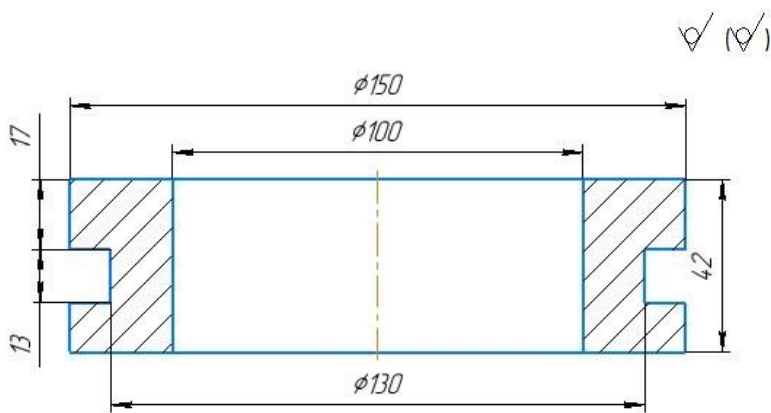
ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ К РАСЧЕТНО- ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЕ «ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЛИТЕЙНОЙ ФОРМЫ»



Вариант 1. Шкив



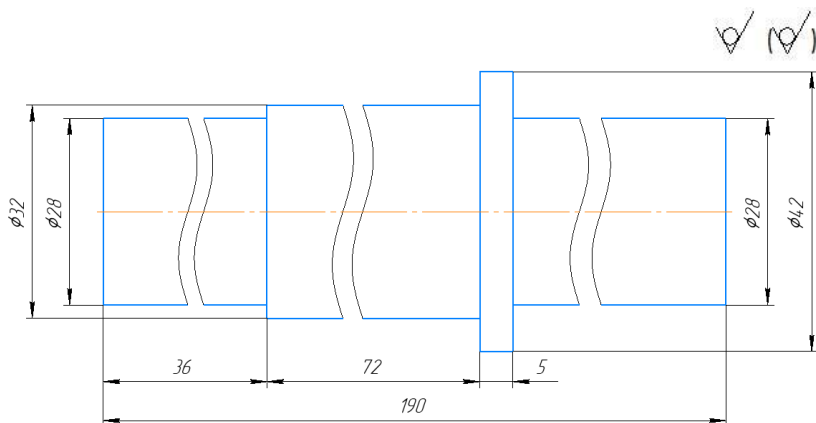
Вариант 2. Крышка



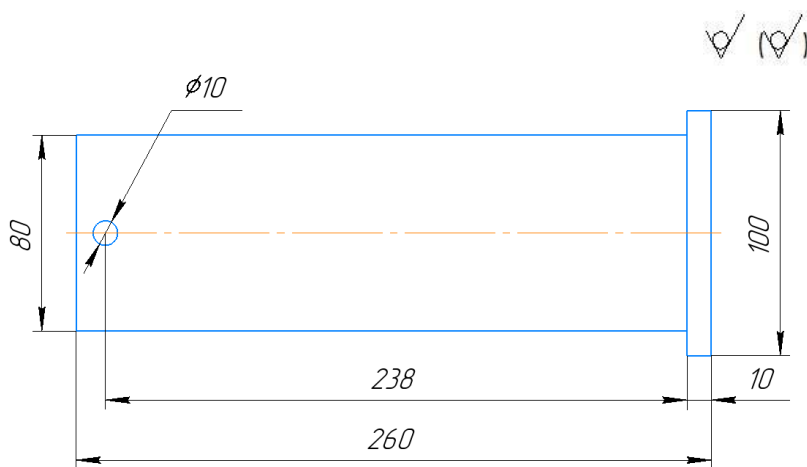
Вариант 3. Втулка



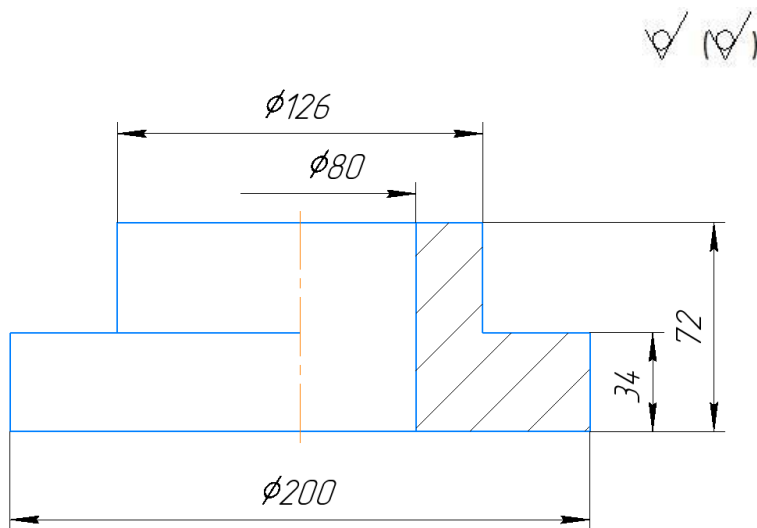
Вариант 4. Втулка



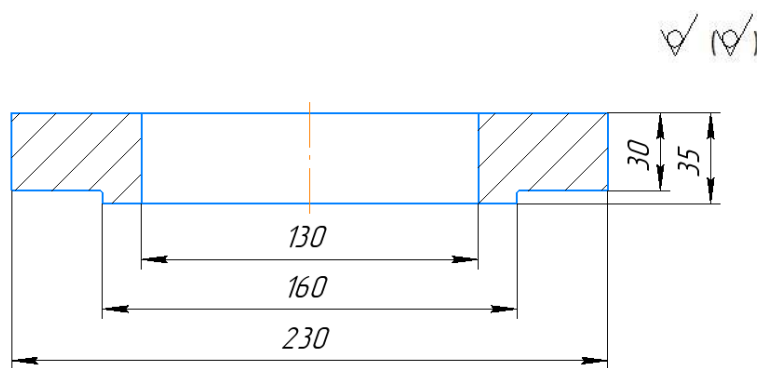
Вариант 5. Валик



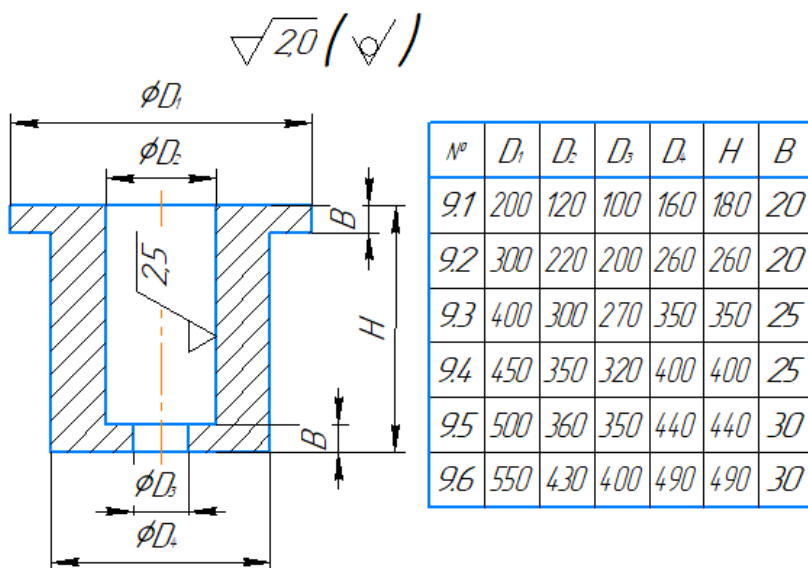
Вариант 6. Ось



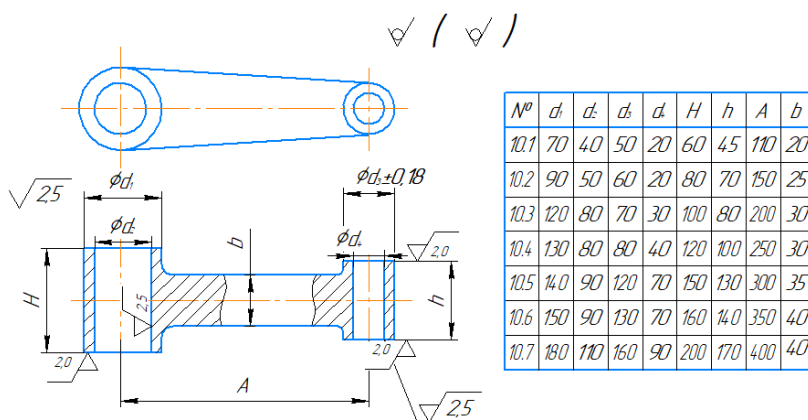
Вариант 7. Втулка



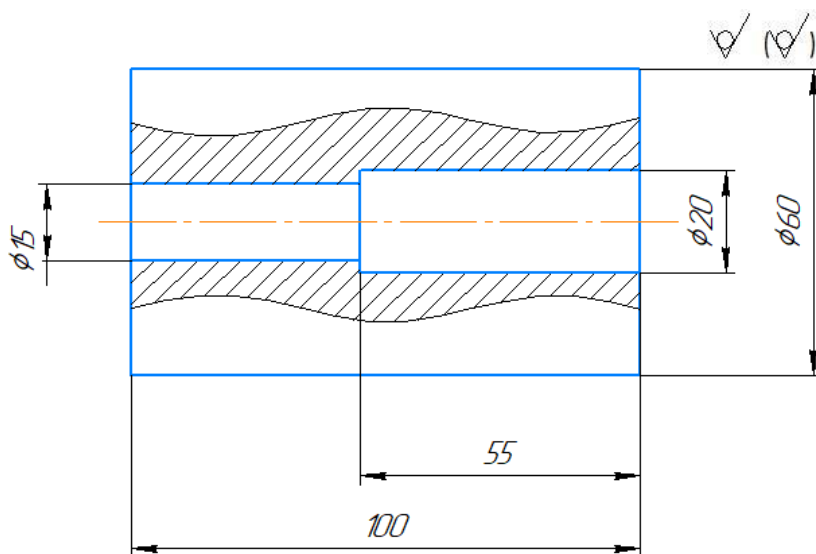
Вариант 8. Шайба



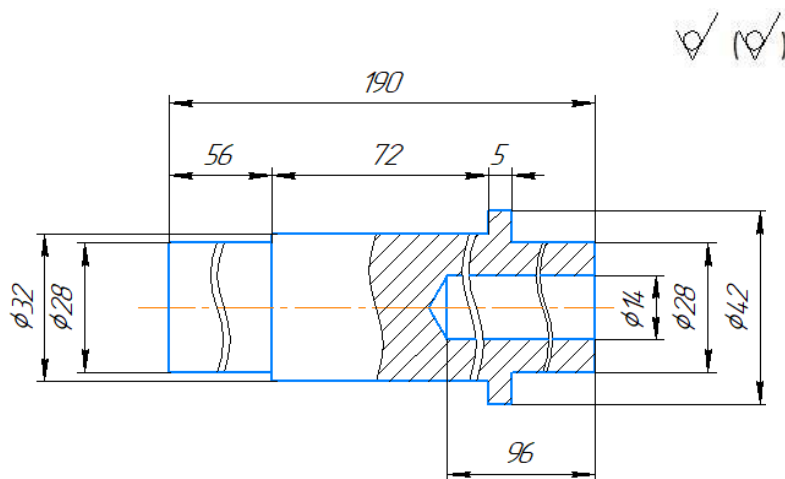
Вариант 9. Цилиндр



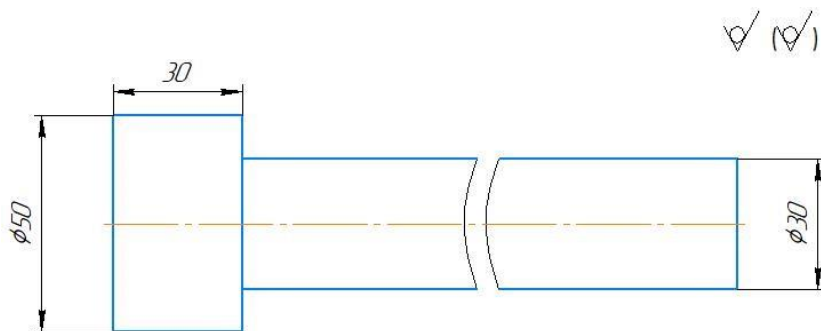
Вариант 10. Шатун



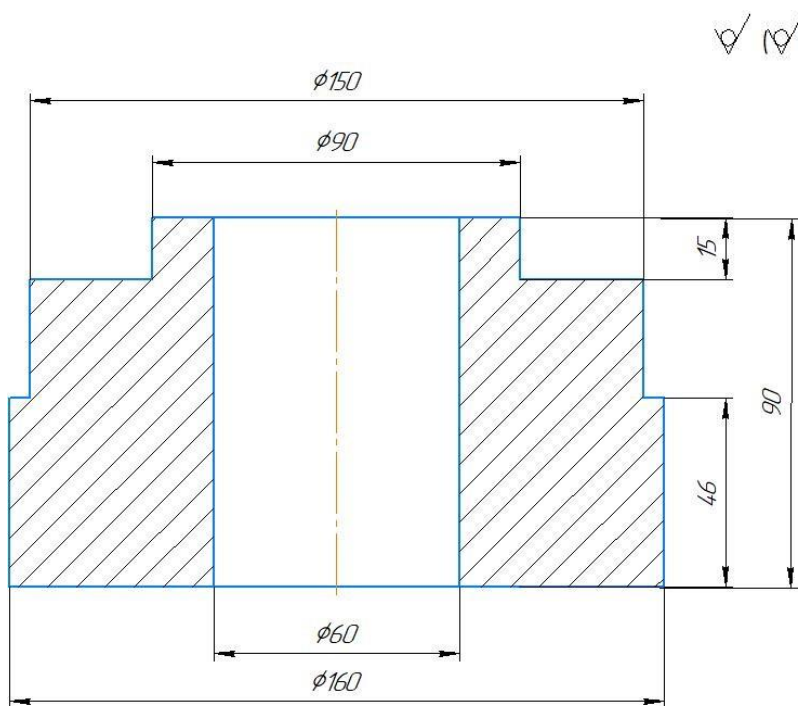
Вариант 11. Втулка



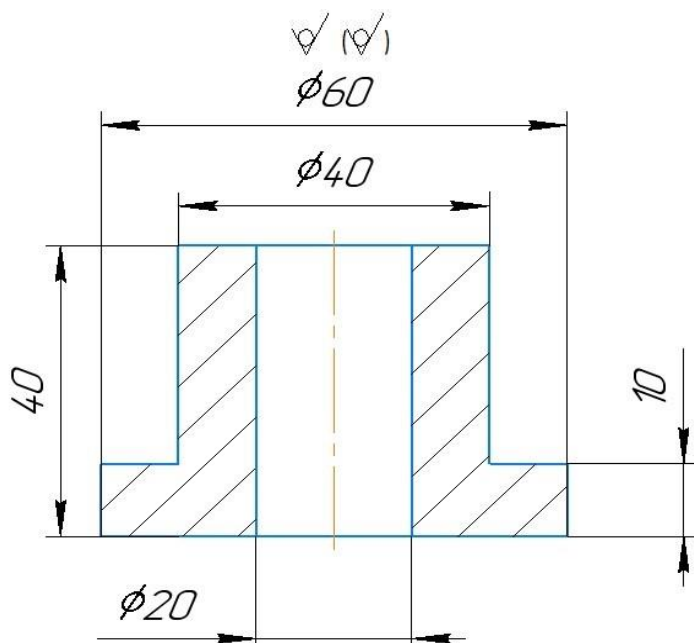
Вариант 12. Ось



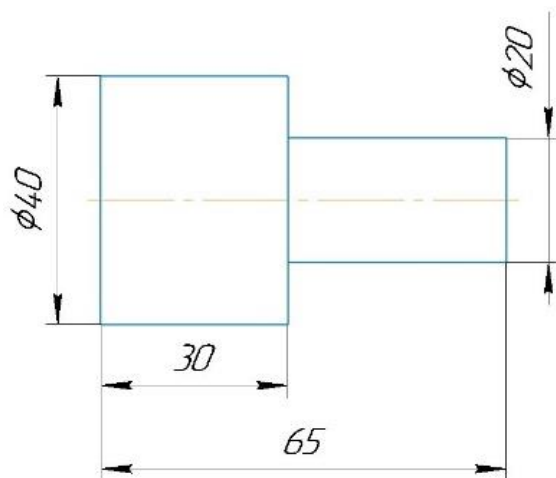
Вариант 13. Ось



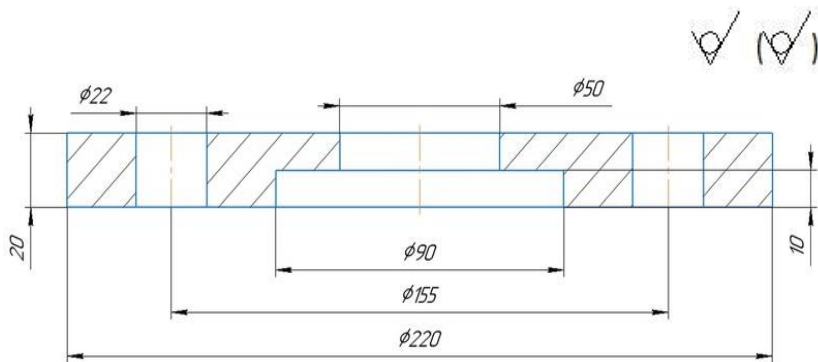
Вариант 14. Втулка



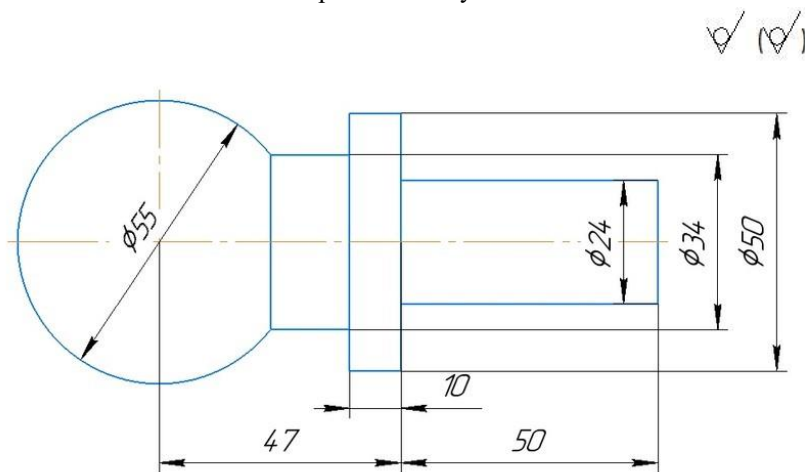
Вариант 15. Втулка



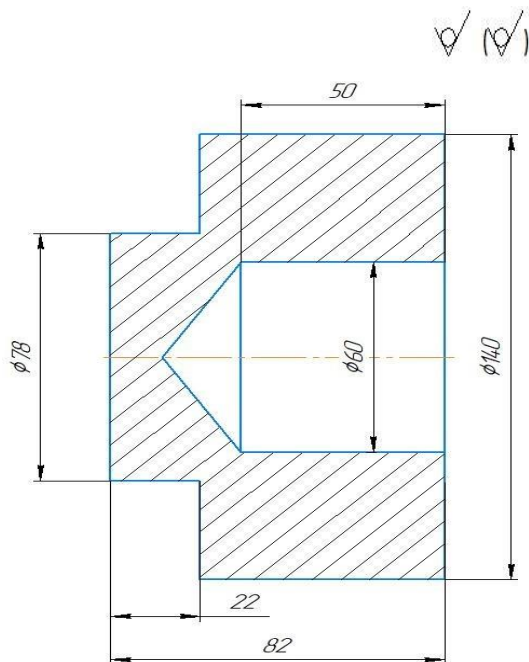
Вариант 16. Толкатель



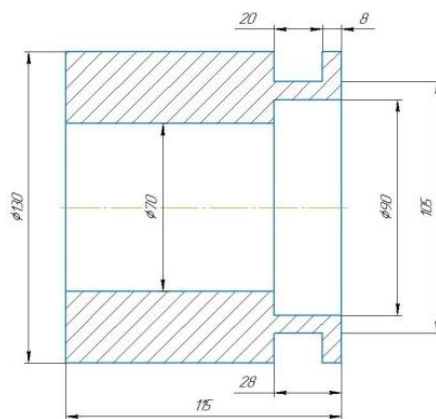
Вариант 17. Втулка



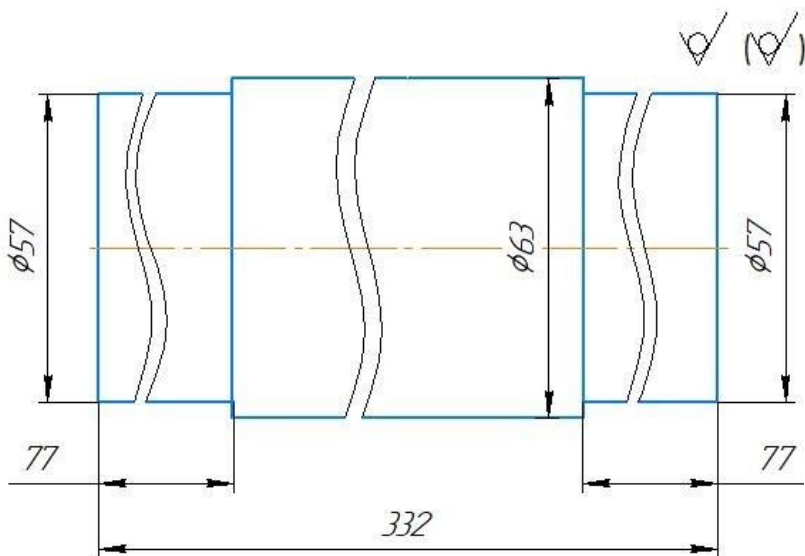
Вариант 18. Вал опорный



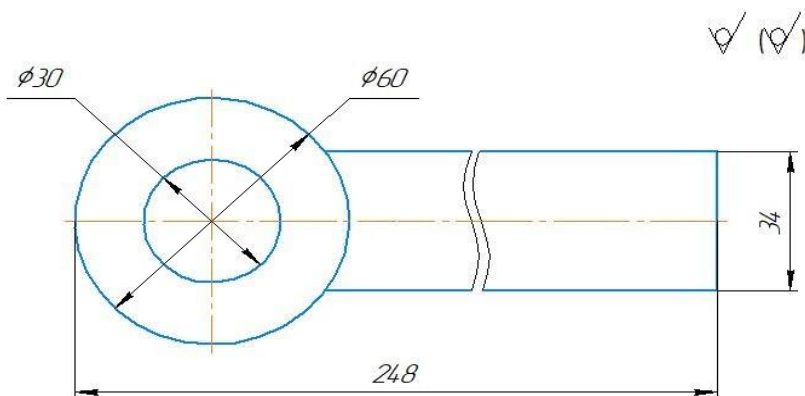
Вариант 19. Крышка



Вариант 20. Втулка

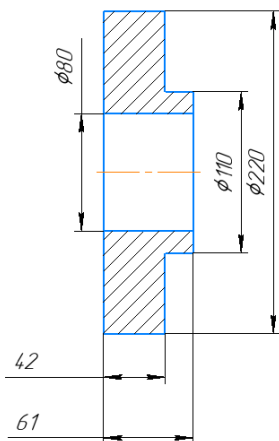


Вариант 21. Балансир



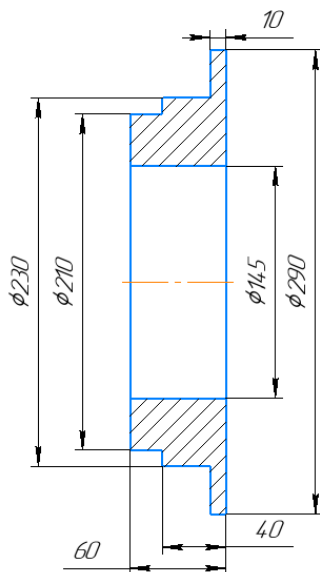
Вариант 22. Тяга

✓ (✓)

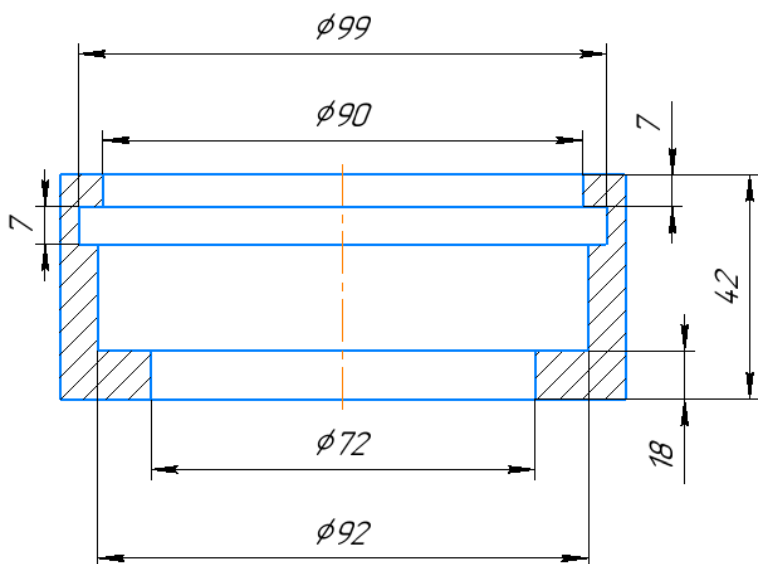


Вариант 23. Шестерня

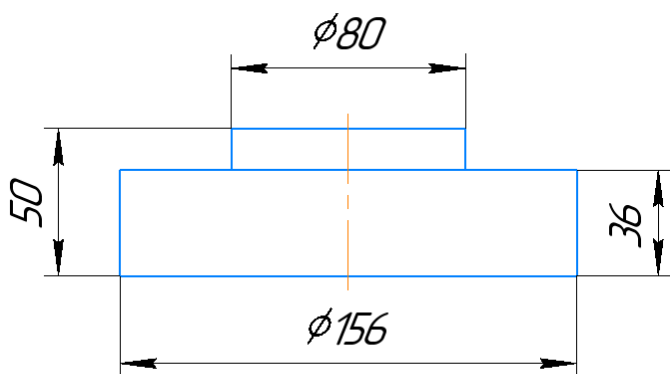
✓ (✓)



Вариант 24. Колесо

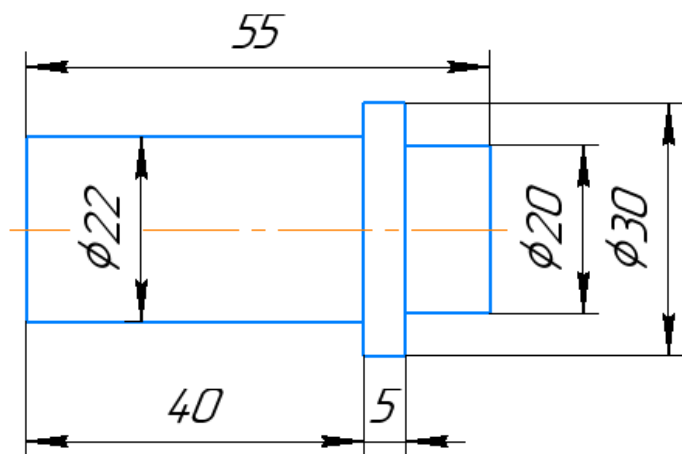


Вариант 25. Кольцо



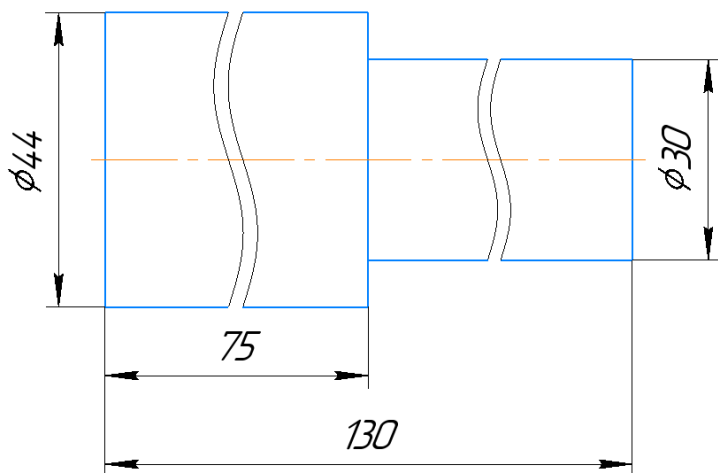
Вариант 26. Основание

✓ (✓)

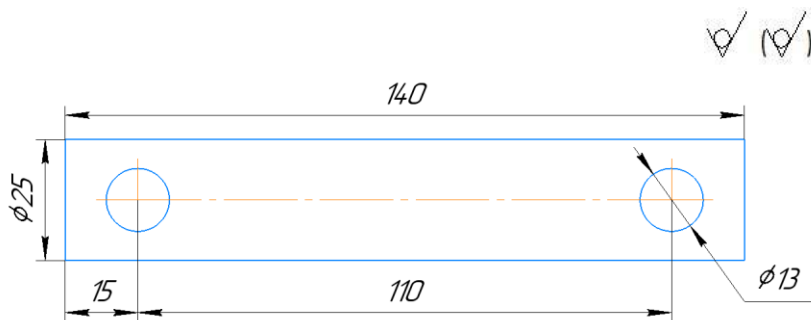


Вариант 27. Штуцер

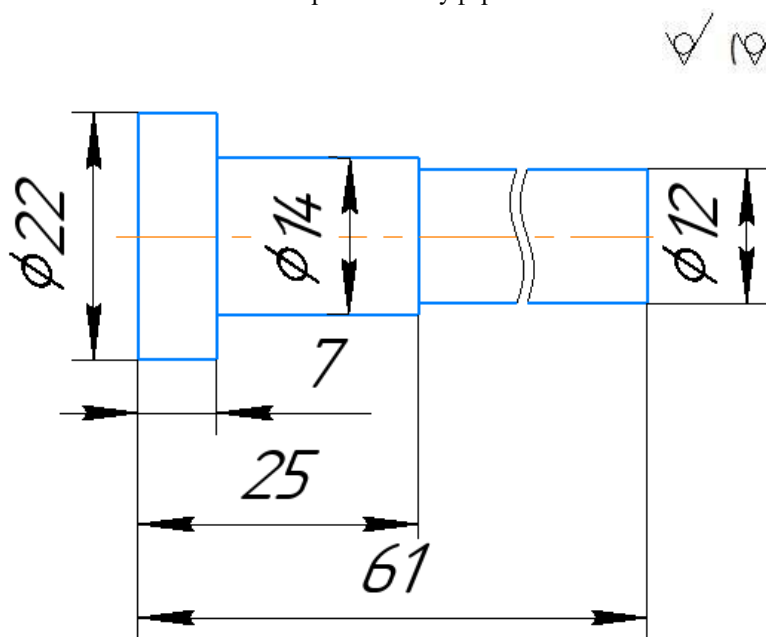
✓ (✓)



Вариант 28. Толкатель



Вариант 29. Буфер



Вариант 30. Толкатель

Богданова Наталья Васильевна
Зайцев Иван Германович

ТЕХНОЛОГИЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЛИТЕЙНОЙ ФОРМЫ

Учебно-методическое пособие