

ВЛАДИМИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
К КУРСОВОМУ ПРОЕКТУ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ "ТЕХНОЛОГИЯ
ЛИТЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА"**

ВЛАДИМИР 2002

Министерство образования Российской Федерации
Владимирский государственный университет
Кафедра литейных процессов и конструкционных материалов

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
К КУРСОВОМУ ПРОЕКТУ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ "ТЕХНОЛОГИЯ ЛИТЕЙНОГО
ПРОИЗВОДСТВА"

Составители

И.В. ГАВРИЛИН

А.В. ПАНФИЛОВ

Владимир 2002

УДК 621.74

Рецензент
Кандидат технических наук, доцент
Владимирского государственного университета
И.К. Каллиопин

Печатается по решению редакционно-издательского совета
Владимирского государственного университета

Методические указания к курсовому проекту по дисциплине «Технология литейного производства» / Владим. гос. ун-т; Сост.: И.В. Гаврилин, А.В. Панфилов. Владимир, 2002. 56 с.

Курсовой проект преследует цель усвоения основных элементов конструирования литых деталей. При выполнении курсового проекта необходимо использовать материалы, изложенные в лекционном курсе и рекомендуемую литературу.

Методические указания содержат перечень работ, которые необходимо выполнить студенту по курсовому проекту. Приводятся основные сведения, предназначенные для разработки технологии изготовления литой детали.

Табл. 32. Ил. 6. Библиогр.: 48 назв.

УДК 621.74

1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ И ОБЪЕМ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Исходные данные для выполнения проекта:

- задание на курсовой проект;
- чертеж литой детали и технические требования к ней;
- библиографический список;
- ГОСТы.

Каждому студенту выдается задание на курсовой проект, которое содержит чертеж детали с размерами и обозначением поверхностей, подвергаемых механической обработке. В задании указываются технические требования к отливке, сплав, из которого изготавливается отливка, характер производства. Перед началом проектирования студент должен пройти производственную практику и ознакомиться с технологическим процессом изготовления аналогичных отливок на производстве.

Курсовой проект состоит из двух частей:

- расчетно-пояснительной записки;
- графической части.

Расчетно-пояснительная записка составляет в объеме 25 - 30 страниц рукописного текста (формат А4), пронумерованных и сшитых в одну тетрадь с титульным листом, выполненным чертежным шрифтом на ватмане.

В расчетно-пояснительной записке даются необходимые расчеты и объяснения выбранного технологического процесса.

Графическая часть проекта выполняется в объеме 3 - 4 листов (формат А1).

1.1. Содержание расчетно-пояснительной записки

В начале расчетно-пояснительной записки дается ее оглавление, содержащее заголовки разделов и подразделов. Расчет технологии иллюстрируется эскизами.

Последовательность изложения материала в записке:

- задание;
- общая характеристика литой детали, на которую необходимо (согласно заданию) разработать литейную технологию: наименование детали, марка сплава, его химический состав и свойства, размеры отливки, масса, толщина стенки, особенности конструкции, сложность, требования к отливке, серийность производства;
- обоснование положения детали при заливке, исходя из удобства формовки, положения обрабатываемых поверхностей и условия получения качественной отливки;
- выбор способа литья;

- обоснование выбранного способа формовки (машинный, ручной, в опоках или в почве, всухую, с применением жидких самотвердеющих, холоднотвердеющих смесей и др.), исходя из массы отливки, конфигурации, толщины стенок и условий получения качественной отливки при минимальных затратах ручного труда, максимальной механизации и наиболее благоприятных условий ее производства;

- выбор величины усадки отливки;

- выбор величины припусков на механическую обработку различных поверхностей (согласно ГОСТам);

- допускаемые отклонения по размерам и массе отливки;

- характеристика модели, материал, особенности конструкции, класс точности, чистота поверхности, характер разъема, отъемные части и их крепление к модели, формовочные уклоны, галтели, знаковые части, марки эмалей или лаков для окраски моделей и цвет, способ изготовления модели, материал, конструкция и размеры подмодельных плит;

- выбор типа и расчет размеров опок, особенности их конструкции, способ центровки, скрепления и транспортировки;

- составы формовочных и стержневых смесей, характеристики и марки исходных материалов, выбранных крепителей и других материалов;

- физико-механические и технологические свойства смесей;

- порядок операций при формовке. При машинной формовке провести выбор формовочной машины или автоматической линии и дать ее характеристику. При ручной формовке указать необходимый формовочный инструмент;

- характеристика стержней: классы сложности, тип каркасов, способ и технология изготовления. Тип ящика и способ крепления его при сборке, вентиляция стержней, способ уплотнения, режим сушки, способ склейки частей стержня и тип клея;

- способы уменьшения прилипаемости смеси к модели и стержневым ящикам;

- составы противопригарных красок, технология их приготовления, нанесения на поверхность формы или стержня и режим сушки;

- расчет литниковой системы: обоснование выбранного метода расчета, исходные данные для расчета, расчет площадей отдельных элементов литниковой системы, линейные размеры сечений элементов литниковой системы;

- конструкция сушильных плит или драйеров;

- конструкция кондукторов для зачистки, сборки и контроля размеров стержней (привести эскизы);

- порядок сборки формы и способы установки и крепления стержней и холодильников, способы контроля и предупреждения попадания металла в вентиляционные каналы стержней и по разъему формы;
- расчет давления металла на верхнюю опоку и расчет груза, способ нагрузки или скрепления опок;
- технология заливки формы: тип и вместимость ковша, температура и скорость заливки;
- технология выбивки: время выдержки в форме, температура выбивки, способ выбивки формы, способ выбивки стержней из отливки;
- технология очистки и обрубки литья, применяемое оборудование и инструмент, термообработка отливок;
- технико-экономические показатели: расход металла и формовочных материалов на 1 т отливок, преимущества разработанной технологии по сравнению с существующей и др.;
- использованная литература и ГОСТы.

1.2. Содержание графической части

Допускается разработка чертежей вручную и компьютерное черчение.

Лист 1 - чертеж элементов литейной формы. Выполнить на ватмане чертеж литой детали и нанести на нем цветным карандашом литейную технологию. Количество проекций должно быть минимальным, но достаточным для полного показа литейной технологии. Показывать проекции, разрезы, сечения, необходимые для механической обработки, не следует. Указать требования к детали, касающиеся только изготовления отливки.

На листе 1 необходимо показать:

- разъем модели (М) и формы (Ф) или разъем модели-формы (МФ), если они совпадают (синим цветом);
- положение детали при заливке ($\begin{matrix} \uparrow B \\ \downarrow H \end{matrix}$, синим цветом);
- границы отъемных частей модели (коричневой линией);
- модельные уклоны (в градусах или миллиметрах) припусков на механическую обработку;
- обрабатываемую поверхность изображать красной линией, проходящей параллельно обрабатываемой поверхности на расстояниях 2 мм от нее. Если обрабатываемая поверхность попадает в разрез, то площадь между красной линией и обрабатываемой поверхностью не штрихуется;
- если отверстие в отливке получают при механической обработке, его необходимо на чертеже литой детали перечеркнуть красными линиями или заштриховать (попадающее в разрез);
- радиусы галтелей в миллиметрах;

- стержни;
- их границы и номера в порядке сборки;
- знаки и их размеры;
- уклоны знаков;
- зазоры между знаками стержня и формы;
- размеры обжимных полуколец и противообжимных поясков для горизонтальных знаков (при формовке в сырую песчано–глинистую форму), а для вертикальных знаков - размеры обжимных колец (на верхних знаках) и зумпфов (на нижних знаках);
- фиксаторы стержней и их размеры;
- каркасы и подъемы стержней и их размеры;
- стержни показать синим цветом, их каркасы - коричневым. Стержни в разрезе штрихуются только у контурных линий, стержни считаются условно прозрачными;
- контуры стержней и знаков следует наносить на минимальном числе изображений, создавая необходимое для изготовления модельного комплекта представление о контурах, расположении стержней и размерах знаков;
- литниковую систему (красным цветом) в необходимом для понимания количестве проекций, размеры сечений и ее элементов (без штриховки) с указанием площади сечения в квадратных сантиметрах, количества сечений и суммарной площади их и места подвода в форму, разрезы и сечения литниковой системы не штрихуются. Литниковая система условно считается прозрачной по отношению к отливке и стержням;
- места установки прибылей и выпоров (красным цветом) и их размеры;
- холодильники (зеленым цветом);
- усадочные ребра, стяжки (красным цветом) и другие технологические указания.

Лист 2. Вычертить в собранном виде модельный комплект с указанием толщины плиты и стенок моделей, количества моделей на плите, размеров и количества ребер жесткости моделей. Указать крепление моделей и элементов литниковой системы к плите. Привести подробную спецификацию. Указать габаритные размеры моделей с учетом усадки и установочные размеры.

Лист 3. Вычертить стержневой ящик и стержень, изготавливаемый в этом ящике. Показать способ скрепления частей стержневого ящика и толщину его стенок (в разрезе или сечении), способ заполнения ящика смесью, вентиляционные отверстия, элементы центрирования, толкатели и др.

Лист 4. Вычертить собранную форму (готовую к заливке) в двух-трех проекциях: продольный, поперечный разрезы и план нижней полуформы с

установленными в нее стержнями (при снятой верхней опоке). Разрезы должны быть выполнены так, чтобы была видна полость формы, стержни, способы крепления и фиксации стержней в форме, холодильники, жерейки и литниковая система.

Показать крепление выступающих частей формы (крючками, шпильками и т.п.), систему вентиляции формы и стержней, каркасы стержней с подъемами и др.

Если из разреза и плана нет достаточного представления о собранной форме, следует выполнить разрезы или сечения отдельных участков формы. Показать размеры и конструкцию опок, ребра жесткости, элементы центрирования и крепления опок, вентиляционные отверстия и др.

Примечания:

1. При выполнении чертежей элементов литниковой формы и отливки пользоваться ГОСТ 3.1125 – 88 "Правила графического выполнения чертежей элементов литейной формы и отливки".
2. На всех листах необходимо выполнить штампы и спецификацию.
3. Все листы и пояснительная записка должны быть подписаны студентом.

1.3. Защита курсового проекта

Курсовой проект защищается в комиссии, состоящей из двух ведущих преподавателей кафедры. Для участия в приеме защиты реальных курсовых проектов кафедрой привлекаются работники предприятий и организаций, для которых проект выполняется.

По результатам защиты выставляется соответствующая оценка, которая заносится в протокол и в экзаменационную ведомость.

2. РУКОВОДЯЩИЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

Способ литья выбирается по табл. 1 и 2.

Таблица 1

Области применения основных способов литья

Способ литья	Получаемые отливки
В песчаные формы	Любых конфигураций, размеров и массы
В металлические формы	Простые и средней сложности, мелкие и средние по массе и размерам в серийном и массовом производстве
Центробежное	Мелкие и средние в серийном и массовом производстве

ве, имеющие форму тел вращения

Окончание табл. 1

Способ литья	Получаемые отливки
В оболочковые формы	Мелкие и средние, средней сложности с повышенной точностью и чистотой поверхности в серийном и массовом производстве
По выплавляемым моделям	Мелкие любой сложности, с большой точностью и высокой чистотой поверхности в основном из стали и труднообрабатываемых сплавов при серийном и массовом производстве
Непрерывное	Длинные круглого и прямоугольного сечения в массовом производстве

Таблица 2

Технические возможности различных способов литья

Способ литья	Максимальная масса отливки, кг	Максимальный размер отливки, мм	Минимальная толщина стенки, мм	Минимальный диаметр отверстия, мм	Линейный уклон, град	Минимальный радиус скругления сопрягаемых стенок, мм	Класс точности	Класс шероховатости	Припуск на обработку
Под давлением*	30	700	0,5	1,5	0,5-1,0	0,5	1,0-3,0	5,0-8,0	0,3-1,5
В кокиль	2000	2000	3	8	0,5-1,2	3	4,0-6,0	2,0-4,0	1,5-8,0
Под низким давлением	100	800	2	8	1,0-2,0	2	3,0-5,0	3,0-5,0	1,5-4,0
По выплавляемым моделям	30	1000	1	5	1,0-2,0	5	3,0-5,0	4,0-6,0	0,2-0,7
В оболочковые формы	200	1500	3	6	1,0-2,0	5	4,0-6,0	3,0-5,0	2,0-8,0
В гипсовые формы*	10	250	1,5	6	1,0-2,0	5	4,0-6,0	3,0-5,0	2,0-5,0
В песчаные формы	250000	20000	3	8	0,5-3,0	5	5,0-7,0	1,0-4,0	2,0-14

*Для получения отливок только из цветных сплавов.

2.1. Условия технологичности литой детали

Под технологичностью литой детали подразумевают вариант ее конструкции с надежным эксплуатационным качеством, обеспечивающий удобство ее изготовления при минимальных затратах средств и материалов. Такая оценка позволяет из нескольких вариантов изготовления детали выбрать наилучший и убедиться в приемлемости уже выбранного. В курсовом проекте ставится задача по оценке технологичности конструкции литой детали при уже заданных условиях производства (характер производства, материал).

Рассмотрим некоторые данные для такой оценки.

2.1.1. Внешнее очертание литой детали

Конструкция отливки должна обеспечить удобство извлечения моделей отливки из формы, что достигается при наименьшем количестве разъемов, отъемных частей и стержней.

Для проверки деталей на технологичность можно пользоваться методом теневого рельефа. Если на деталь или часть детали направить пучок параллельных лучей, перпендикулярных предполагаемой плоскости разъема формы (стержневого ящика), то он не должен образовывать условных теней на отливке и на плоскости разъема.

При выступающих наружу крепежных приливах и бобышках у литой детали рекомендуется придерживаться следующих положений:

Близкорасположенные приливы или бобышки необходимо объединить в один прилив.

Приливы и бобышки не должны вызывать местных скоплений металла, для чего их высота не должна превышать толщины стенки, на которой они расположены. Наименьшая высота бобышек назначается в зависимости от наибольшего габаритного размера детали следующим образом: при размере детали до 500 мм наименьшая высота обрабатываемой бобышки – 5 мм; при размере детали от 500 до 2000 мм – 10 мм, а при наибольшем габаритном размере детали свыше 2000 мм наименьшая высота обрабатываемой бобышки составляет 20 мм.

Не рекомендуется у литой детали допускать двухстороннюю механическую обработку, так как в стружку будут удаляться наиболее прочные слои металла и при назначении припусков на обработку создается местное скопление металла, что может привести к таким видам брака, как усадочные раковины и трещины.

2.1.2. Внутренние полости и отверстия в отливках

Внутренние полости у отливок 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 H , меньшую или равную диаметру D . Выступающие части верхних опок, свешивающиеся вниз (подвесные болваны), могут иметь высоту H меньше или равную 0,3 размера своего основания D . При ручной формовке нормы рекомендуется уменьшить до 50 %.

Конфигурация внутренних полостей должна быть по возможности простой. При сложных полостях стержни следует расчленять на более простые для удобства сборки стержня и надежности крепления его частей. Стержни должны иметь размеры в сечении, позволяющие применять металлические каркасы для увеличения их прочности.

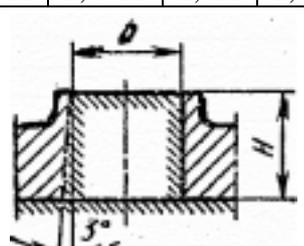
При замкнутых полостях в отливке необходимо предусмотреть технологические отверстия для выхода знаковых частей стержня. Для закрывания этих отверстий должны быть установлены соответствующие заглушки. Дополнительное крепление стержней при помощи жеребеек нежелательно, так как жеребейки, заливаемые металлом, часто являются причиной брака в отливках (газовые раковины, несвариваемость).

Мелкие отверстия в отливках в значительной степени осложняют технологический процесс, особенно если они имеют мелкий диаметр и большую глубину. Стержни для образования этих отверстий трудно изготовить прочными. Поверхность таких отверстий обычно имеет пригар, затрудняющий их дальнейшую обработку.

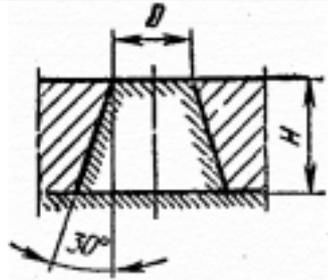
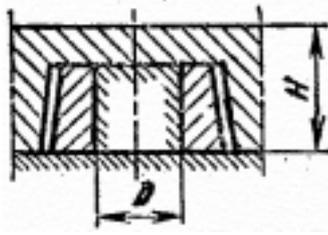
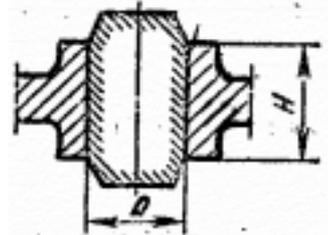
Наименьший диаметр отверстий, указанных в чертеже детали и получаемых литьем, для чугунных отливок приведен в табл. 3

Таблица 3

Условия выполнения отверстий в процессе получения чугунных отливок

Способ выполнения отверстия	Минимальный диаметр D , мм, отверстия в зависимости от его глубины H , мм							
	До 10	11-20	21-30	31-40	41-50	51-60	61-75	Более 75
	1,7H	1,6H	1,5H	1,45H	1,4H	1,35H	1,3H	1,2H
Болваном, изготовленным в металлической модели или стержневом ящике								

Окончание табл. 3

Способ выполнения отверстия	Минимальный диаметр D , мм, отверстия в зависимости от его глубины H , мм							
	До 10	11-20	21-30	31-40	41-50	51-60	61-75	Более 75
Болваном, изготовленным в деревянной модели или стержневом ящике	0,8H	0,75H	0,7H	0,65H	0,6H	0,55H	0,5H	-
								
Болваном, изготовленным в модели или стержневом ящике с использованием металлических вытряхных конусных вставок	-	1,15H	1,10H	1,15H	1,0H	0,95H	0,9H	0,85H
								
Стержнем	8	10	12	14	16	18	20	20
								

2.1.3. Толщина стенок отливок

У литых деталей толщину стенки необходимо назначать с учетом требуемой расчетной прочности, жидкотекучести металла и заполняемости формы. Всякое увеличение толщины стенки приводит к замедлению скорости затвердевания металла и неоднородности структуры, что влечет за собой брак и снижение прочности детали.

Для выбора или оценки наименьшей толщины стенки отливки при литье в песчаные формы может быть использована табл. 4.

Сечением стенок литых деталей рекомендуется придавать форму, обеспечивающую наименьшее торможение усадки. Термическое (нерав-

номерность затвердевания и остывания) и механическое (сопротивление формы) торможение усадки может приводить к короблению и трещинам.

Стенки должны быть по возможности одинаковой толщины для равномерного затвердевания и остывания отливки, предотвращения коробления и образования трещин. Допускается местное увеличение толщины стенки до 20 % при значительном удалении от места подвода металла.

Таблица 4

Наименьшая толщина стенки отливки

Материал	Наименьший размер детали, мм		
	Мелкие до 500	Средние 500-1500	Крупные свыше 1500
Чугун серый	6	10	15
Чугун ковкий	5	8	-
Сталь	8	12	20
Цветные сплавы	3	6	-

2.1.4. Сопряжения стенок, углы и переходы

Для предотвращения образования трещин из-за неравномерного затвердевания и охлаждения отливок в стенках, образования усадочных раковин и рыхлот все сопряжения стенок отливок необходимо выполнять плавными. У отливок, отличающихся по толщине стенок меньше чем вдвое, рекомендуется применять галтели (переходы по радиусу). Радиусы галтелей выбирают от 1/6 до 1/3 среднего арифметического толщин сопрягаемых стенок. По нормальному ряду радиусов берут ближайший: 1, 2, 5, 8, 10, 16, 20, 25, 40. По возможности все галтели должны быть одного радиуса.

2.1.5. Горячие узлы в отливках, холодильники и ребра жесткости

У литых деталей, несмотря на стремление конструктора добиться равномерной толщины стенок, всегда имеются места скопления металла – горячие или термические узлы. Эти узлы образуются в местах пересечений и сопряжений стенок, в местах расположения выступов, приливов и бобышек, а также за счет утолщения при назначении припуска на механическую обработку. Такие горячие узлы медленнее затвердевают, и в них при недостаточном питании жидким металлом в процессе затвердевания образуются усадочные раковины и рыхлоты.

В связи с тем, что получить равномерное затвердевание отливки бывает затруднительно, на практике используют так называемый принцип направленного затвердевания. Литую деталь необходимо конструктивно так оформить, так расположить в форме и так подвести жидкий металл, чтобы затвердевание началось в тонких местах, постепенно распространяясь на более толстые, и заканчивалось в прибылях, установленных на самых массивных местах.

При наличии у отливки горячих узлов, которые трудно обеспечить дополнительным питанием за счет установки прибылей, для равномерного и направленного затвердевания применяются внутренние и внешние холодильники. Форма и размеры внешних холодильников соответствуют форме и размерам горячего узла. Их толщина обычно равна толщине горячего узла. Материал холодильника чаще всего - серый чугун. Внутренние холодильники требуют особого внимания и здесь не рассматриваются.

Имеющиеся местные утолщения 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 напряжения (затрудненная усадка), в ее конструкцию во избежание образования горячих трещин вводятся литейные или ложные ребра.

Строение ребер жесткости и литейных ребер с сечением основного тела отливки не должны приводить к местным скоплениям металла, для чего такие места необходимо конструктивно облегчить.

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

2.2. Выбор положения отливки в форме

При выборе положения отливки в форме следует руководствоваться следующими соображениями:

Вследствие влияния силы тяжести наилучшее качество имеют нижние части отливки, поэтому:

- рабочие поверхности, плоские поверхности большой протяженности, места, подлежащие механической обработке, и те части, которые при эксплуатации подвергаются наибольшей нагрузке, надо по возможности располагать в нижней части формы. Если это невозможно, - располагать вертикально или наклонно;

- при вынужденном расположении обрабатываемых поверхностей сверху необходимы такие условия расположения формы, при которых песчаные и газовые раковины могли бы образовываться только в удаляемых при обработке частях отливки;

- для отливок, имеющих внутренние полости, образуемые стержнями, выбранное положение отливки должно обеспечивать возможность проверки толщины тела при сборке формы, а также создавать необходимые условия для крепления стержней;

- для предупреждения недоливов тонких стенок отливки следует размещать их снизу, а при отсутствии такой возможности - вертикально или наклонно;

- для стального литья, литья из ковкого и высокопрочного чугуна, цветного литья массивные части отливок располагать в удобном положении для питания их верхними или боковыми отводными прибылями.

Выбранное положение отливки в форме должно быть удобным для формовки и сборки.

2.3. Выбор плоскости разъема формы

Выбор разъема формы или модели зависит от размеров литой детали, ее конструкции и характера производства. Основные требования к плоскости разъема формы:

- плоскость разъема должна быть по возможности плоской для формовки с наименьшим количеством стержней;

- при формовке в парных опоках плоскость разъема должна обеспечивать наименьшую суммарную высоту формы;

- разъем должен обеспечивать размещение основных стержней в нижней полуформе;

- основные поверхности отливки должны располагаться преимущественно в одной и по возможности в нижней полуформе;

- разъем должен обеспечить соответствующий подвод металла и рациональное размещение частей литниковой системы;

- не рекомендуется пересекать плоскостью разъема ответственные обрабатываемые или базовые поверхности;

- в случае машинной формовки рекомендуется иметь только один разъем.

Плоскости разъема модели и формы могут не совпадать.

2.4. Данные для конструирования отливок, моделей

и стержневых ящиков

Модель отличается от детали размерами и внешними очертаниями. Размеры модели увеличены на величину припусков на механическую обработку, усадку металла отливки, на величину возможного напуска. По внешнему очертанию модель может отличаться от детали из-за стержневых знаков и формовочных уклонов (табл. 5,6).

Таблица 5

Графическое обозначение основных элементов литейной технологии
ГОСТ 3.1125-88

Элемент	Обозначение
Прямая плоскость разъема модели и формы. При использовании неразъемной модели указывают только разъем формы – Ф	
Ломаная плоскость разъема модели и формы	
Направление заливки в случае, если литейная форма изготавливается в горизонтальном положении, а заливается в вертикальном	
Припуск на механическую обработку. При несложных отливках припуск на механическую обработку допускается не изображать, а указывать только его значение. Отверстия, впадины и т.п., не выполняемые литьем, зачеркивают сплошной тонкой линией	

Окончание табл. 5

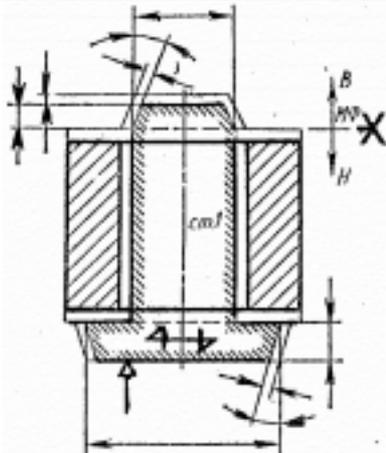
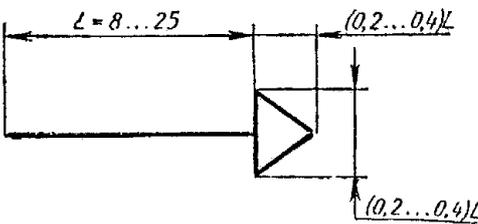
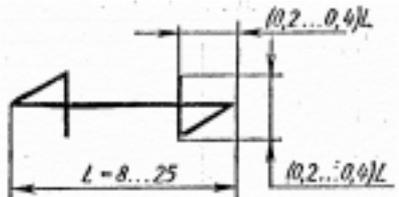
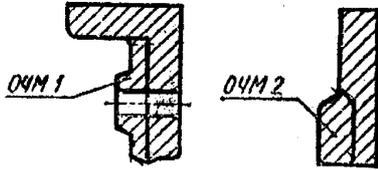
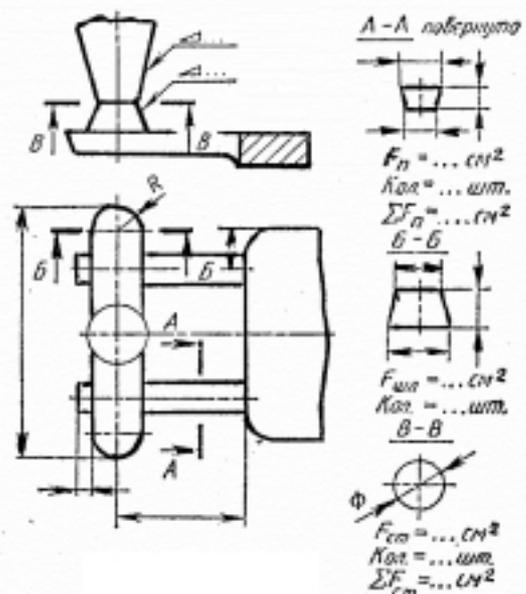
Элемент	Обозначение
<p>Стержень, его знаки и фиксаторы. Проставляют размеры знаков и зазоров между знаками и стенками формы. В разрезе стержень штрихуют только по контуру и обозначают буквами «ст.» с указанием порядкового номера</p>	
<p>Направление набивки стержня</p>	
<p>Разъем стержневого ящика</p>	
<p>Линия соприкосновения отъемной части</p>	
<p>Литниковая система</p>	

Таблица 6

Графическое обозначение элементов литейных форм

Элемент	Обозначение	Элемент	Обозначение
Гарь		Солома	
Жеребейки		Газоотводные каналы	
Крючки		Шпильки	
Фитиль		Вывод газов из стержня	
Металлическая стружка		Облицовочный слой	

2.4.1. Конструкции и размеры модельных комплектов

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

Припуски на механическую обработку назначают по ГОСТ 26645-85. Этот ГОСТ распространяется на отливки из черных и цветных металлов и сплавов и регламентирует допуски размеров, формы, расположения и неровностей поверхности, допуски массы и припуски на обработку. Стандарт соответствует международным стандартам: ИСО 8015-85 и ИСО 8062-84. Основные припуски на механическую обработку (на сторону) в зависимости от допусков на размеры отливок следует устанавливать дифференцированно для каждого элемента отливки. Меньшие значения припуска устанавливают при более грубых качествах точности обработки отливок, большие значения припуска устанавливают при более точных качествах. Нормы точности отливок: классы размерной точности, степень коробления, степень точности поверхностей, классы точности масс, а также ряды припусков на обработку.

В технических требованиях чертежа отливки или детали должны быть указаны нормы точности отливки. Их приводят в следующем порядке: класс размерной точности, степень коробления, степень точности поверхностей, класс точности массы и допуск смещения отливки.

Пример условного обозначения точности отливки 8-го класса размерной точности, 5-й степени коробления, 4-й степени точности поверхностей, 7-го класса точности массы с допуском смещения 0,8 мм:

Точность отливки 8-5-4-7 См 0,8 ГОСТ 26645-85.

Ненормируемые показатели точности отливок заменяют нулями, а обозначение смещения опускают. Например:

Точность отливки 8-0-0-7 ГОСТ 26645-85.

В технических требованиях чертежей литой детали допускается указывать сокращенную номенклатуру норм точности отливки, при этом указание классов размерной точности и точности массы отливки является обязательным. Например:

Точность отливки 8-0-0-7 ГОСТ 26645-85.

Припуски на усадку и уклоны приведены в табл.7 и табл. 8.

Таблица 7

Рекомендуемые значения линейной усадки сплавов для отливок различной сложности и размеров

Материал	Характеристика отливок	Основные размеры отливки, мм		Линейная усадка, %
		Толщина стенки	Длина	
Углеродистая сталь	Простые (без стержней)	30-100	До 500	2,0
		Более 100	500-2000	1,8
	Средней сложности (с ребрами, выступами, полостями, выполняемыми стержнями)	30-100	500-3000	1,5
		Более 100	5000-6500	1,2
30-65		5000-6500	0,9	
Сложные типа решеток	65-100	6500-10000	0,8	
	65-100	Более 10000	0,7	
	20-40	До 2000-05-22	0,8	
Серый чугун	Простые (без стержней)	20-40	До 500	1,0
		50-100	500-1000	0,9
		Более 100	Более 1000	0,7-0,8
	Сложные коробчатой формы	20-65	До 500	0,8-0,9
20-65		Более 500	0,5-0,7	
Медные сплавы	Простые	До 20	До 100	1,2-1,5
	Сложные	20-40	Более 100	1,0-1,3
Алюминиевые сплавы	Простые	До 15	До 100	1,4-1,6
	Сложные	15-35	Более 100	0,8-1,2

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 (рис. 1,а);

- на необрабатываемых поверхностях отливки, не сопрягаемой по контуру с другими деталями, за счет увеличения и уменьшения размеров отливки (рис. 1,в);

- на необрабатываемых поверхностях отливки, сопрягаемых по контуру с другими деталями, за счет уменьшения (рис. 1,б) или увеличения (рис. 1,г) размеров отливки в зависимости от поверхности сопряжения.

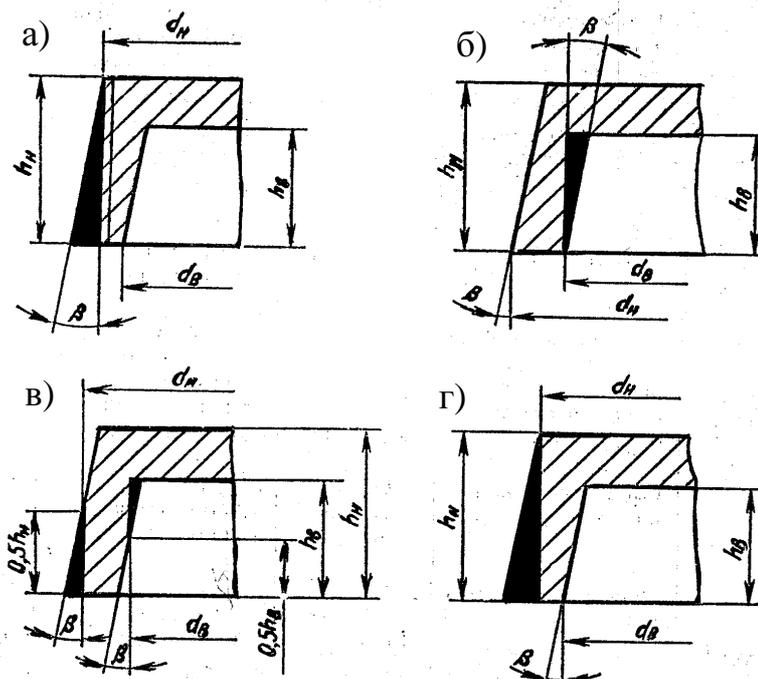


Рис. 1. Формовочные уклоны

Уклон стенок стержневого ящика при высоте вкладыша до 150 мм равен 6° , при высоте от 151 до 250 мм – 5° , при высоте более 250 мм – 3° .

В ГОСТ 3218-80 приведены основные размеры конструктивных элементов моделей и стержневых ящиков.

Расстояние между ребрами жесткости модели зависит от толщины стенки модели:

Толщина стенки, мм.....	6-7	8-9	10-11	12-13	14-15	15
Расстояние, мм.....	150	200	220	250	300	400

Стержневые ящики, предназначенные для изготовления стержней на пескодувных машинах, имеют ряд особенностей. Половины корпуса ящика центрируют с помощью втулок и штырей. Для уменьшения изнашивания, обеспечения плотного соприкосновения половин ящика и предотвращения выхода смеси по разьему к ящику прикрепляют винтами стальной лист (броню). Броню ящика шлифуют. Ящик снабжают специальным вдувным устройством. Для выхода воздуха в стенках стержневого ящика делают вентиляционные отверстия, которые закрывают специальными пробками – вентилями (табл. 9).

В массовом и крупносерийном производстве широко используют метод изготовления стержней в горячих ящиках, которые нагревают в печах или газовыми горелками, а также встроенными электрическими нагревателями. Процесс отверждения смеси в ящике происходит при температуре $200-250^\circ\text{C}$, поэтому ящик должен быть достаточно жестким, способным противостоять короблению вследствие циклических теплосмен. Лучшим материалом для таких ящиков является серый чугун.

Таблица 8

Формовочные уклоны (см. рис.1) модельного комплекта (ГОСТ 3212-80)

Высота основной формообразующей поверхности h_n или h_b , мм	Формовочный уклон								
	при применении песчано-глинистых смесей и комплекта				при применении смесей, твердеющих в контакте с оснасткой, и комплекта			для литья по выплавляемым моделям	
	металлического, пластмассового		деревянного		металлического для оболочковой формы	металлического, пластмассового	деревянного	для наружных (охватываемых) поверхностей	для внутренних (охватывающих) поверхностей
	$d \leq h$	$d > h$	$d \leq h$	$d > h$					
До 10	2° 17	4° 34	2° 54	5° 45	1° 43	3° 26	4° 00	0° 30	1° 30
10-18	1° 36	3° 11	1° 54	3° 49	1° 16	2° 32	2° 52	0° 20	1° 00
19-30	1° 09	2° 40	1° 31	3° 03	0° 56	1° 54	2° 17	0° 15	0° 45
31-50	0° 48	1° 42	1° 02	2° 05	0° 41	1° 16	1° 29	0° 15	0° 45
51-80	0° 34	1° 13	0° 43	1° 26	0° 30	0° 54	1° 04	0° 10	0° 30
81-120	0° 26	0° 54	0° 32	1° 03	0° 23	0° 40	0° 46	-	0° 30
121-180	0° 19	0° 38	0° 23	0° 46	0° 17	0° 29	0° 34	-	-
181-250	0° 19	0° 37	0° 22	0° 44	0° 14	0° 28	0° 33	-	-
251-315	0° 19	0° 37	0° 22	0° 44	0° 14	0° 27	0° 33	-	-
316-400	0° 18	0° 36	0° 21	0° 43	-	0° 26	0° 32	-	-
401-500	0° 17	0° 35	0° 21	0° 41	-	0° 26	0° 31	-	-
501-630	0° 17	0° 33	0° 19	0° 38	-	0° 24	0° 29	-	-
631-800	0° 16	0° 32	0° 19	0° 38	-	0° 24	0° 29	-	-
801-1000	-	-	0° 19	0° 38	-	-	0° 29	-	-
1001-1250	-	-	0° 19	-	-	-	0° 29	-	-
1251-1600	-	-	0° 19	-	-	-	0° 29	-	-
1601-2000	-	-	0° 19	-	-	-	0° 28	-	-
2001-2500	-	-	0° 19	-	-	-	0° 28	-	-
Более 2500	-	-	0° 19	-	-	-	0° 28	-	-

Таблица 9

Размеры вент

Схема венты	Номер венты	D_n , мм	D , мм	C , мм	Минимальное число прорезей	Суммарная площадь сечений прорезей, мм ²
	1	6,5	4,0	1,5	3	3
	2	8,0	5,5	1,5	4	5
	3	9,5	7,0	1,5	5	8
	4	12,5	10,0	1,5	6	14
	5	16,0	13,5	2,0	7	21

Примечание. Для плоской поверхности $h = 1,5$ мм, для криволинейной $h = 4$ мм.

Металлические модельные плиты по назначению делят на плиты опочной 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 высокую жесткость и прочность, поэтому их изготавливают из чугуна и стали и предусматривают ребра жесткости.

При автоматической безопочной формовке высокие требования предъявляют к перпендикулярности торцовых 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.

2.4.2. Проектирование литейных стержней.

При проектировании участков поверхности отливки, выполняемых стержнями, нужно руководствоваться следующими правилами.

1. Обеспечивать минимальные затраты на изготовление стержневых ящиков.

2. Обеспечивать удобную установку стержней в форму и контроль всех размеров полостей в ней.

3. Учитывать конфигурацию и габаритные размеры отливки, определяющие расход смесей на изготовление стержней. Повышенная прочность смесей в сухом состоянии позволяет изготавливать пустотелые стержни вместо сплошных. При этом улучшается их газопроницаемость, сокращаются продолжительность сушки и расход смеси. Высокую чистоту поверхности обеспечивают пустотелые оболочковые стержни из смесей на основе кварцевых или цирконовых песков и пульвербакелита в качестве связующего.

4. Если отливка имеет две полости, соединенные каналом, эти полости надо оформлять двумя стержнями. При использовании одного сложного стержня обычно происходит его поломка в месте перемычки.

5. Газоотводные каналы стержней должны иметь выходы в верхних знаках или образовывать общую вентиляционную систему с другими стержнями, знаки которых соприкасаются с формой. Газоотводные каналы должны быть размещены так, чтобы исключалось попадание в них жидкого металла.

6. Поверхность стержня со стороны набивки должна быть достаточно большой для удобства работы.

7. Разъем ящика и опорная поверхность стенки при сушке должны быть по возможности плоскими (особенно при единичном производстве); в массовом производстве выполнение этого условия не обязательно, так как применяют специальные сушильные плиты. Создание сложных неплоскостных разъемов при отсутствии сушильных плит допускается в случае использования химически твердеющих смесей.

8. Опорные поверхности стержней должны быть достаточными, чтобы исключить деформацию стержня под давлением силы тяжести.

Если невозможно использовать нижние знаки в качестве опорных элементов, следует предусмотреть боковые знаки, которые обеспечили бы установку стержня в сушило на боковые опоры, или использовать арматуру, выступающую из знаковых частей.

Необходимо избегать кантовки стержня; после извлечения из ящика он должен укладываться на сушильную плиту в таком положении, в каком его ставят в форму. В этом положении стержень удобно красить и транспортировать.

Точность фиксации стержня в форме обеспечивается конфигурацией и размерами его знаковых частей, которые назначают по ГОСТ 3606-80 с учетом размеров стержня, способа формовки и его положения в форме (рис. 2).

При вертикальном расположении стержня в форме (рис. 2,а) он фиксируется нижним и верхним знаками или только нижним (часто уширенным). В последнем случае для предупреждения всплывания стержня его

фиксируют сверху жеробейками или прижимают верхней полуформой, т.е. зазор S_2 не предусматривается.

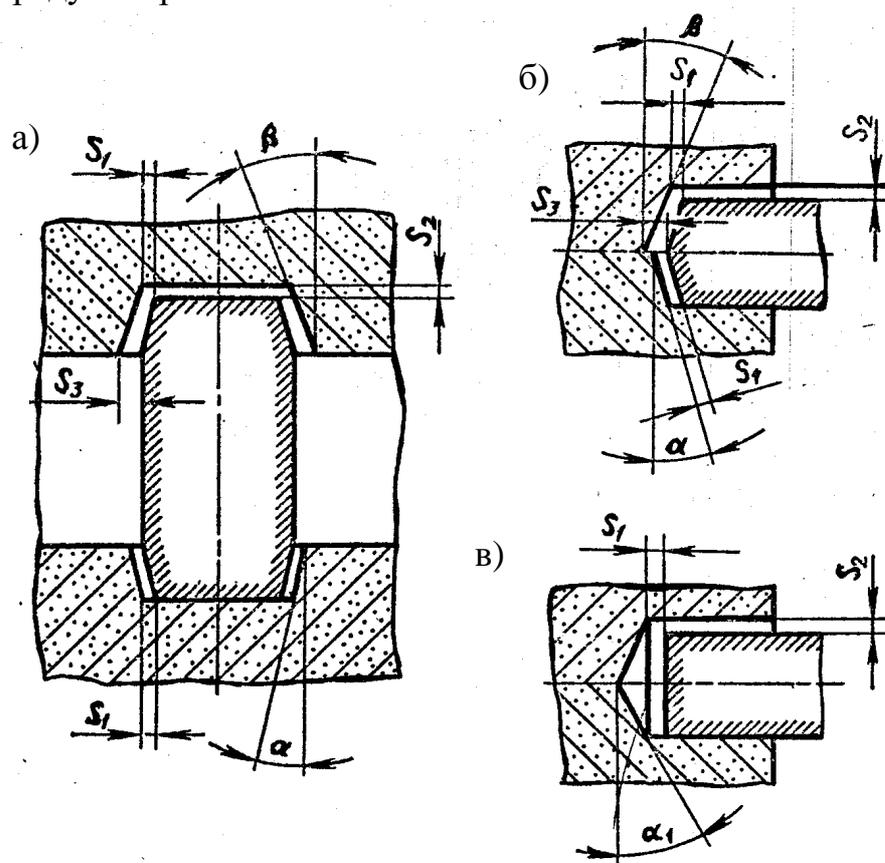


Рис.2. Знаки стержней

При горизонтальном расположении стержня используют несколько вариантов фиксации его в форме. Если требуется четкая фиксация в осевом направлении, знаки имеют торцевые фиксаторы (рис. 2,б) с соответствующими зазорами. Для предотвращения углового сдвига в конструкции знака предусматривают клиновидный или прямоугольный фиксатор, оставляя в торце зумпф (рис. 2,в), служащий для предупреждения разрушения кромки знака при сборке.

Высоту нижних знаков стержней круглого сечения назначают в зависимости от его длины и диаметра, а стержней прямоугольного сечения – от половины периметра (табл. 10). Высоту верхних вертикальных знаков принимают равной не более 0,5 высоты нижних знаков. Допускаются нижние и верхние знаки одинаковой высоты при массовом и крупносерийном производстве стержней. Длину горизонтальных стержневых знаков назначают с учетом способа формовки (табл. 11).

Таблица 10

Высота нижних вертикальных знаков стержней для сырых, сухих и твердеющих в контакте с оснасткой форм

Диаметр или половина периметра стержня, мм	Высота знака, мм, не более, при длине стержня, мм							
	До 50	50-80	81-120	121-180	181-250	251-315	316-400	401-500
До 30	20	30	30	-	-	-	-	-
30-50	20	35	35	35	50	60	60	70
51-80	25	35	35	35	40	50	60	70
81-120	25	35	35	35	40	50	60	70
121-180	30	35	35	35	35	40	50	60
181-250	30	35	35	35	35	40	50	60
251-315	35	35	35	35	35	40	50	60
316-400	40	40	40	40	40	40	40	50

Таблица 11

Длина горизонтальных знаков стержней

Диаметр или половина периметра стержня, мм	Тип формы	Длина знака, мм, не более, при длине стержня, мм							
		До 50	50-80	81-120	121-180	181-250	251-315	316-400	401-500
До 30	Φ ₁	20	25	30	35	-	-	-	-
	Φ ₂	15	20	30	35	-	-	-	-
	Φ ₃	10	15	20	35	-	-	-	-
30-50	Φ ₁	20	25	30	35	45	50	-	-
	Φ ₂	20	25	30	35	40	45	-	-
	Φ ₃	10	15	20	30	35	-	-	-
51-80	Φ ₁	20	25	30	40	50	55	60	70
	Φ ₂	20	25	30	35	40	45	-	-
	Φ ₃	10	15	20	25	30	35	35	40
81-120	Φ ₁	20	25	35	45	55	60	70	80
	Φ ₂	25	30	35	40	45	50	55	0
	Φ ₃	15	20	30	30	35	40	40	45

Примечание: Φ₁- сырая форма, Φ₂- сухая, Φ₃- твердеющая в контакте с оснасткой.

Формовочные уклоны на знаковых частях назначают по ГОСТ 3606-80 (табл. 12) в зависимости от высоты знака и его расположения в форме (низ или верх относительно разъема).

Таблица 12

Формовочные уклоны знаковых частей стержня

Высота знака, мм	α	β	α_1	Высота знака, мм	α	β	α_1
	Градусы				Градусы		
До 30	10	15	4	81-120	6	8	2
30-50	7	10	3	121-180	5	6	1
51-80	6	8	2	181-250	5	6	0

Зазоры между знаковыми поверхностями форм и стержней назначают в соответствии с ГОСТ 3606-80 в зависимости от высоты знака и типа комплекта (табл. 13).

Таблица 13

Зазоры между знаковыми поверхностями формы и стержня (см. рис.2)

Высота знака, мм	Тип модельного комплекта	Зазор S_1 , мм, при длине стержня, мм							
		До 50	50-80	81-120	121-180	181-250	251-315	316-400	401-500
До 30	K_1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5
	K_2	0,3	0,4	0,4	0,5	0,6	0,6	0,7	0,7
	K_3	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2
	K_4	0,8	0,9	1,1	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
30-50	K_1	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6
	K_2	0,4	0,5	0,6	0,6	0,7	0,8	0,8	0,9
	K_3	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,3	1,4	1,5
	K_4	1,2	1,3	1,5	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4
51-80	K_1	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6
	K_2	0,5	0,6	0,6	0,7	0,8	0,8	0,9	0,9
	K_3	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
	K_4	1,3	1,4	1,6	1,7	1,9	2,1	2,3	2,5

Высо- та знака, мм	Тип мо- дельно- го ком- плекта	Зазор S_1 , мм, при длине стержня, мм							
		До 50	50-80	81- 120	121- 180	181- 250	251- 315	316- 400	401- 500
81-120	K_1	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6
	K_2	0,5	0,6	0,6	0,7	0,8	0,8	0,9	0,9
	K_3	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,4	1,5	1,6
	K_4	1,3	1,5	1,6	1,8	2,0	2,1	2,3	2,5
Зазор S_2	K_1	0,3	0,4	0,4	0,5	0,6	0,6	0,7	0,7
	K_2	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	0,1	1,2
	K_3	0,8	0,9	1,1	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
	K_4	1,2	1,5	1,7	2,0	2,3	2,6	2,8	3,1

Примечания: 1. K_1 – модельный комплект I и II классов точности из металла и пластмассы; K_2 – III класса точности из металла и пластмассы и I класса точности из дерева; K_3 – II класса точности из дерева; K_4 – III класса точности из дерева. 2. $S_3 = 1,5S_1$

2.5. Выбор материала для изготовления модельного комплекта

Основные виды оснастки, применяемые при изготовлении литейных форм из песчано-глинистых смесей, - модели и стержневые ящики, которые классифицируют по следующим признакам:

- виду материала – деревянные, металлические, деревометаллические, гипсовые, цементные, пластмассовые, пенополистироловые (табл. 14);
- способу изготовления форм и стержней – для ручной или машинной формовки;
- компоновке элементов – разъемные и неразъемные модели; разъемные, встряхивающие и разборные стержневые ящики;
- сложности – простые, средней сложности и сложные;
- размерам модели: для ручной формовки – мелкие (до 500 мм), средние (500-5000 мм), крупные (более 150 мм), (более 5000 мм); для машинной формовки – мелкие (до 150 мм), средние (150-500 мм), крупные (более 500 мм);
- конструктивному исполнению – объемные, пустотелые, скелетные модели и шаблоны;
- точности изготовления – модели I, II и III классов точности;
- прочности – модели 1, 2-го и 3-го классов прочности.

Отношение ориентировочной стоимости модельных комплектов из дерева, алюминиевых сплавов, чугуна, стали 1 : 8 : 12 : 15.

Таблица 14
Материалы, применяемые для изготовления модельной оснастки

Материал	Область применения	Число съёмов (стойкость), 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, моделей и сушильных плит в крупносерийном и массовом производстве	-	До 10000
Сталь	То же	-	100000
Алюминиевые сплавы АЛ3В, АЛ7В, АЛ9В	Для моделей, 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 (5% Zn, 15% Sb или 14% Bi, 15% Sb, ост. Pb)	Для мелких моделей в мелкосерийном производстве	До 500	До 30000
Пластмасса	Для мелких и средних моделей в серийном производстве	До 500	До 1500
Полистирол	Для газифицированных моделей в единичном и серийном производстве	1	1

В табл. 15 приведены данные, обуславливающие целесообразность изготовления модельного комплекта из алюминиевых сплавов в зависимости от сложности, массы и годового выпуска отливок.

Таблица 15

Минимальный годовой выпуск отливок, обеспечивающий целесообразность применения алюминиевых модельных комплектов

Группа сложности отливок по прейскуранту 25-01-81	Минимальный годовой выпуск отливок, шт., при их массе, кг							
	До 1	1-3	4-10	11-20	21-50	51-200	201-500	501-1000
1-3	1440	1280	1120	888	800	688	600	480
4-6	1330	1107	1012	770	702	600	560	430

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: 1-й – для крупносерийного и серийного производства отливок, 2-й – для мелкосерийного и единичного производства отливок. Пластмассовые модели получают несколькими способами: литьем с армированием и без армирования, компактным наплавлением наполнителя из стеклоткани, прессованием (из акриловых самотвердеющих составов). Наиболее часто для изготовления моделей используют эпоксидные смолы ЭД-16, ЭД-20, «Эпокси 2100» и «Эпокси 2200».

Основные конструктивные размеры пластмассовых модельных комплектов практически не отличаются от конструктивных размеров аналогичных модельных комплектов из алюминиевых сплавов.

2.6. Проектирование и расчет литниковой системы

Литниковая система – система каналов и устройств для подвода в определенном режиме жидкого металла в полость литейной формы, отделения неметаллических включений и обеспечения питания отливки при затвердевании. Литниковую систему размещают по разьему литейной формы и вне разьема.

Правильная конструкция литниковой системы должна обеспечивать непрерывную подачу расплава в форму по кратчайшему пути; спокойное и плавное ее заполнение; улавливание шлака и других неметаллических включений; создание направленного затвердевания отливки; минимальный расход металла на литниковую систему; не вызывать местных разрушений формы вследствие большой скорости и неправильного направления потока металла.

Литниковая система включает, как правило, следующие элементы:

- стояк – вертикальный канал, соединяющий литниковую чашу (воронку) со шлакоуловителем;
- шлакоуловитель – горизонтальный трапецеидальный канал, соединяющий стояк с питателями из потока заливаемого сплава;
- питатель – горизонтальный канал, соединяющий шлакоуловитель с полостью формы;
- выпор – вертикальный канал, расположенный на самой верхней части полости формы или соединенный с нею боковым каналом (отводной выпор), служащий для вывода газов из формы, а также для наблюдения за ходом заливки формы;
- прибыль – элемент литниковой системы для питания отливки жидким металлом в период затвердевания и усадки;
- литниковую чашу (воронку) – элемент литниковой системы для приема жидкого металла и его направления в стояк или непосредственно в литейную форму.

В зависимости от места подвода металла в форму различают следующие литниковые системы:

- горизонтальную – с питателями, расположенными в горизонтальной плоскости разъема литейной формы;
- вертикальную – с питателями, расположенными в вертикальной плоскости разъема литейной формы по положению при заливке (к вертикальным относятся вертикально-щелевые и ярусные литниковые системы);
- верхнюю – систему подачи жидкого металла в полость литейной формы сверху;
- дождевую – систему подачи металла в форму через большое число тонких питателей (разновидность верхней литниковой системы);
- сифонную – систему подачи металла в форму снизу через один или несколько питателей.

2.6.1. Расчет размеров литниковых систем для мелкого и среднего чугунного литья

Расчет литниковых систем начинается с определения оптимального времени заливки τ . Это время можно определить по формуле, полученной в результате обобщения опыта многих заводов. Такие формулы называют эмпирическими.

$$\tau = S \sqrt[3]{\delta M},$$

где S – коэффициент, учитывающий жидкотекучесть сплава и тип литниковой системы (табл. 16); δ – преобладающая или средняя толщина стенки отливки, мм; M – общая масса отливки, литников и прибылей, кг.

Таблица 16

Коэффициент, учитывающий жидкотекучесть сплава и тип литниковой системы

Сплавы	Литниковая система	
	горизонтальная	вертикальная
Чугуны	2,0/3,4	-/3,9
Стали:		
углеродистые	0,9-1,75/-	-/-
легированные	0,4-0,8/-	-/-
алюминиевые	1,9-2,5/2,3-2,7	2,7-3,0/3,3-4,0
магниевые	2,4-2,8/2,5-2,9	3,0-4,3/3,7-4,2
медные	1,9-2,1/-	-/-

Примечания: 1. В числителе приведены значения для песчаной формы, в знаменателе – для кокиля. 2. Меньшие значения принимают для мелких отливок, большие – для крупных.

Площадь сечений питателей F_{Π} определяют в зависимости от способа заливки металла в форму.

1. При заливке из поворотных ковшей F_{Π} определяют по формуле

$$F_{\Pi} = M / \left(\mu \tau \rho \sqrt{2 g H_{\text{CP}}} \right),$$

где M – масса металла в форме (с учетом литниковой системы), кг; μ – общий коэффициент расхода в литниковой системе (табл. 17); ρ – плотность сплава, кг/м³; g – ускорение свободного падения, м/с²; H_{CP} – средний гидростатический напор, м.

Средний гидростатический напор

$$H_{\text{CP}} = H_{\text{CT}} - h_{\text{B}}^2 / (2 h_0),$$

где $H_{ст}$ - высота стояка от уровня чаши или воронки до питателя, м; h_b - высота части отливки от питателя до ее самой высокой точки, м; h_o - общая высота отливки, м.

Таблица 17

Значение коэффициента μ

Сплав	Сопротивление формы		
	малое	среднее	высокое
Чугун	0,50/0,60	0,42/0,48	0,35/0,41
Сталь	0,42/0,50	0,32/0,38	0,25/0,30

Примечания: 1. В числителе приведены данные для сырой формы, в знаменателе - для сухой. 2. Малое сопротивление формы - сопротивление без поворота струи; среднее - при одном повороте струи на 90° ; высокое - при двух поворотах струи на 90° .

При заливке сверху, когда $h_b = 0$, $H_{ср} = H_{ст}$. При сифонной заливке, когда $h_b \approx h_o$, $H_{ср} = H_{ст} - h_o/2$. При подводе металла при разьеме с частичным свободным падением, когда $h_b = 0,5h_o$, $H_{ср} = H_{ст} - h_o/8$.

2. Средний массовый расход равен

$$m_{\text{ср}} = M/\tau.$$

Площади поперечных сечений шлакоуловителя $F_{ш}$ и стояка $F_{ст}$ определяют из соотношения $F_{п} : F_{ш} : F_{ст}$ (табл. 18).

Таблица 18

Соотношения площадей питателей, шлакоуловителя и стояка

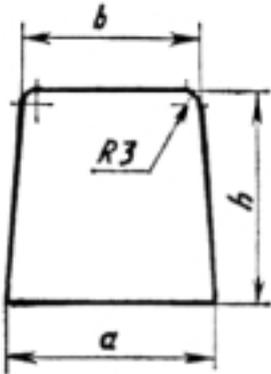
Рекомендуемые отношения	Область применения
$F_{п} : F_{ш} : F_{ст} = 1 : 1,1 : 1,15$	Для мелких и средних отливок из серого чугуна и медных сплавов
$F_{п} : F_{ш} : F_{ст} = 1 : 1,2 : 1,4$	Для крупных отливок из серого чугуна и медных сплавов
$F_{п} : F_{ш} : F_{ст} = 1 : 1,1 : 1,2$	Для мелких стальных отливок
$F_{п} : F_{ш} : F_{ст} = (1,0 - 1,5) : 1,0 : 1,0$	Для средних и крупных стальных отливок
$F_{п} : F_{ш} : F_{ст} = 3 : 2 : 1$	Для отливок из алюминиевых сплавов
$F_{п} : F_{ш} : F_{ст} = 4 : 2 : 1$	Для отливок из магниевых сплавов

В зависимости от площади поперечного сечения определяют размеры питателя (см. табл. 18) и шлакоуловителя (табл. 19). Длину питателя берут в пределах 10 - 50 мм.

3. Во всех сечениях литниковой системы давление металла во избежание засоса газов должно быть равно или больше атмосферного. Если литниковая система имела бы на всем протяжении постоянное сечение, то наименьшее давление было бы в верхнем сечении стояка; причем при малом сопротивлении системы это давление может оказаться меньше атмосферного. С некоторым допущением можно принять, что для обеспечения в верхнем сечении стояка атмосферного давления необходимо соблюсти проверочное соотношение.

Таблица 19

Размеры шлакоуловителей

Схема шлакоуловителя	$F_{шл}, \text{см}^2$	a	b	h
		мм		
	1,0	11/-	8/-	11/-
	1,3	12/11	10/8	12/14
	1,6	14/12	10/9	14/15
	2,0	15/15	12/10	15/17
	2,5	16/15	13/11	16/19
	3,2	18/16	14/12	18/21
	4,0	22/18	18/13	22/25
	5,0	24/22	19/16	24/27
	6,3	26/24	20/18	26/30
	8,0	30/26	27/19	30/35
	10,0	34/30	28/22	33/38
	12,5	38/34	30/26	38/43
	16,0	42/38	34/29	42/48
	20,0	48/42	38/32	48/52

Примечание. В числителе приведены значения при $h = a$, а в знаменателе – при $h = 1,25 a$.

$$\frac{S_{\text{ст.в}}}{S_{\text{вых}}} = \sqrt{\frac{H}{H_{\text{ч}}}}$$

4. Литниковая система должна задерживать неметаллические включения. Причем, шлакоуловитель имеет трапециевидное сечение, у которого высота $h_{\text{шл}}$ равна 1,25 нижнего основания, а верхнее основание - 0,7 нижнего основания; при этом $S_{\text{шл}} = 0,68h_{\text{шл}}^2$. Тогда наименьшее безопасное расстояние L первого питателя от стояка в обычных боковых литниковых

системах (заливка в разъем) при заливке чугуна определится из условия, см,

$$L \geq 17,5 \frac{m_{\tau H}}{h_{\text{шл}}} . \quad (1)$$

Если расчетная длина шлакоуловителя не помещается в опоке, то его можно расположить в два ряда или исходя из вынужденного расстояния L первого питателя от стояка определить минимальную высоту шлакоуловителя (а по ней остальные размеры сечения). Из условия (1) следует, что

$$h_{\text{шл}} \geq 17,5 \frac{m_{\tau H}}{L} .$$

В целях экономии металла шлакоуловитель можно выполнять ступенчатым или сужающимся; при этом площадь его сечения пропорционально уменьшается за каждым питателем. Однако для обрабатываемых отливок шлакоуловители высотой меньше 17 мм ($S_{\text{шл}} = 2 \text{ см}^2$) выполнять не рекомендуется. Чтобы всплывшие частицы шлака не затянуло в питатель, надо делать его плоским (за исключением случаев, когда в отливке в места подвода металла образуется усадочная раковина) и так, чтобы высота (толщина) питателя была

$$h_{\text{пит}} \leq \frac{1}{5} h_{\text{шл}} .$$

Наряду с аналитическими формулами для расчета шлакоуловителей применяют эмпирические соотношения типа

$$\sum S_{\text{пит}} / S_{\text{шл}} = 1 / (1,5 \div 2) . \quad (2)$$

Чем больше сечение шлакоуловителя (при неизменных питателях), тем меньше скорость металла в нем, лучше улавливание шлака. Соотношение (2) влияет также на расход через отдельные питатели, расположенные по длине шлакоуловителя. При $S_{\text{шл}} / \sum S_{\text{пит}} \geq 2$ расход через питатели равномерный, при меньшем отношении он растет по направлению течения. При отсутствии шлакоуловителя шлак можно задержать в стояке, причем диаметр стояка в его основании должен быть равен

$$d_{\text{ст.н}} = 13,6 \sqrt{\frac{m_{\tau \text{CP}}}{h_{\text{ст}/\tau} + 18}} . \quad (3)$$

Формула (3) может быть использована в практике для малых $m_{\tau \text{CP}}$ или для высоких стояков, иначе их диаметр получается слишком большим.

Заливочные воронки. Формы и размеры заливочных воронок выбираются по рис. 3 и табл. 20.

Таблица 20

Размер воронок

Номер воронки	$d_{ст.в}$ (калибр), мм	D , мм	$H_в$, мм	Масса металла в воронке, кг
1	18	50	50	0,3
2	23	60	60	0,6
3	27	75	75	1,1
4	30	90	90	1,9

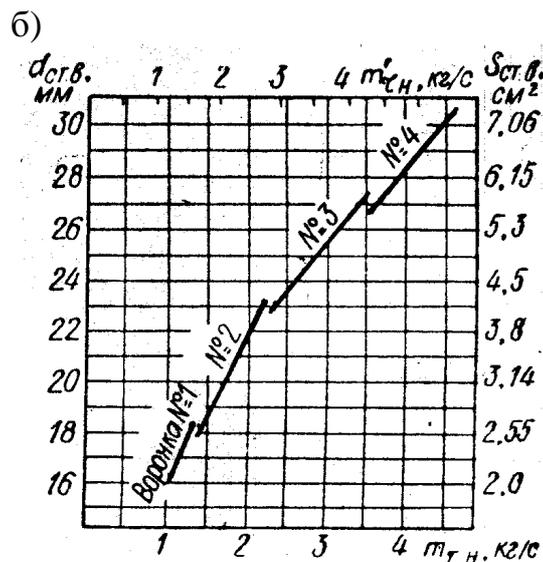
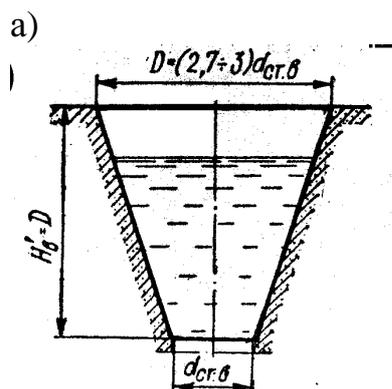


Рис. 3. Литниковая воронка (а) и график для определения номера воронки и размера $d_{ст.в}$ (б)

Расчет дросселей. Дросселем называют узкий вертикальный или горизонтальный канал между стояком и шлакоуловителем, служащий для успокоения металла перед выходом в шлакоуловитель. Дроссели эффективны на мелком и среднем литье. Они улучшают улавливание шлака, делают заполнение отливки полным. Ниже приводятся рисунки и графики для расчета двух наиболее распространенных типов дросселей; одностороннего одноходового (рис. 4а, б) и двухстороннего одноходового (рис. 5а, б). Размеры дросселей выбираются по графикам и таблицам в зависимости от

рассчитанного выше начального расхода металла при заливке (рис. 4 а, б и табл. 21, рис. 5 а, б и табл. 22).

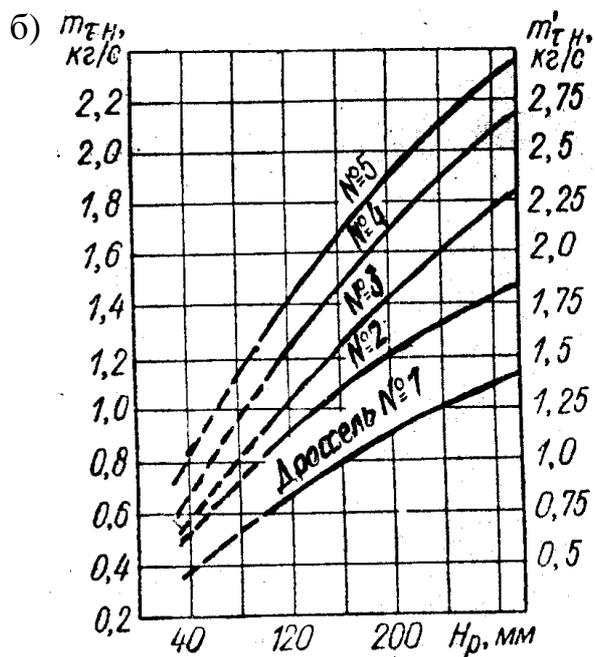
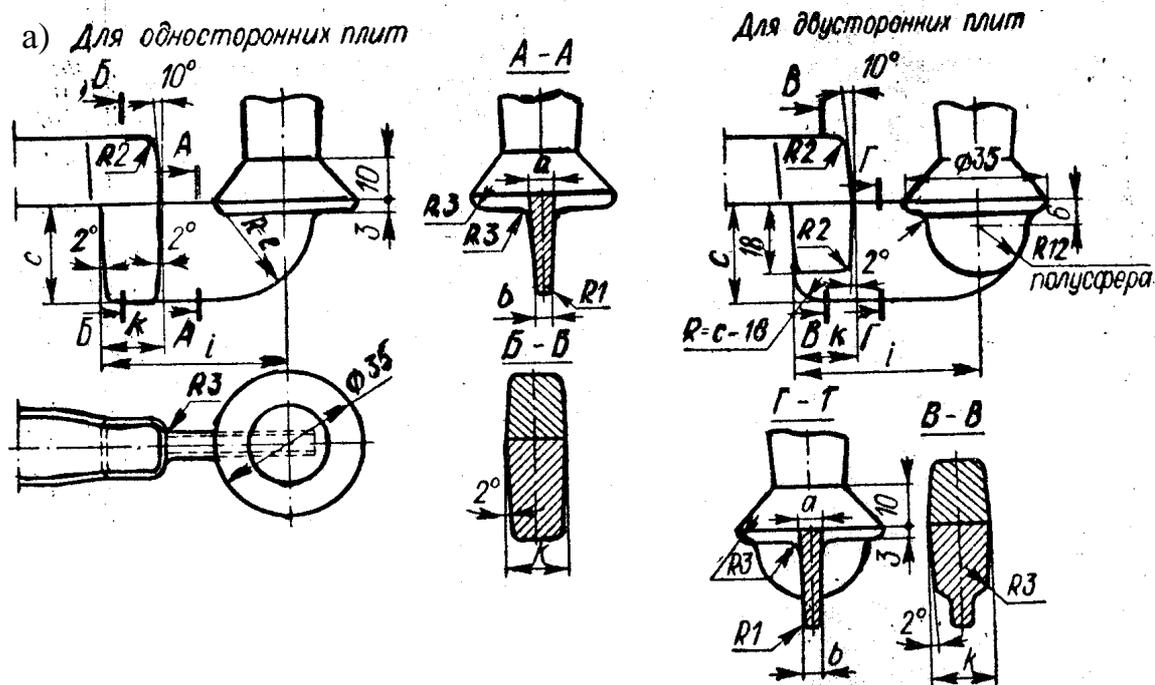


Рис. 4. Щелевые дроссели односторонние одноходовые (а) и график для определения номера дросселя (б)

Размеры дросселей, мм (к рис. 4)

Номер дросселя	$S_{др}, \text{см}^2$	$a^{+0,2}$	$b^{+0,2}$	$c^{+0,2}$	i	k
1	1,0	4,5	3,6	24,6	45	15
2	1,5	5,5	4,5	30,0	45	15
3	1,5	7,0	6,2	22,8	48	18
4	2,0	7,0	6,0	30,8	48	18
5	2,5	9,0	8,0	29,4	53	23

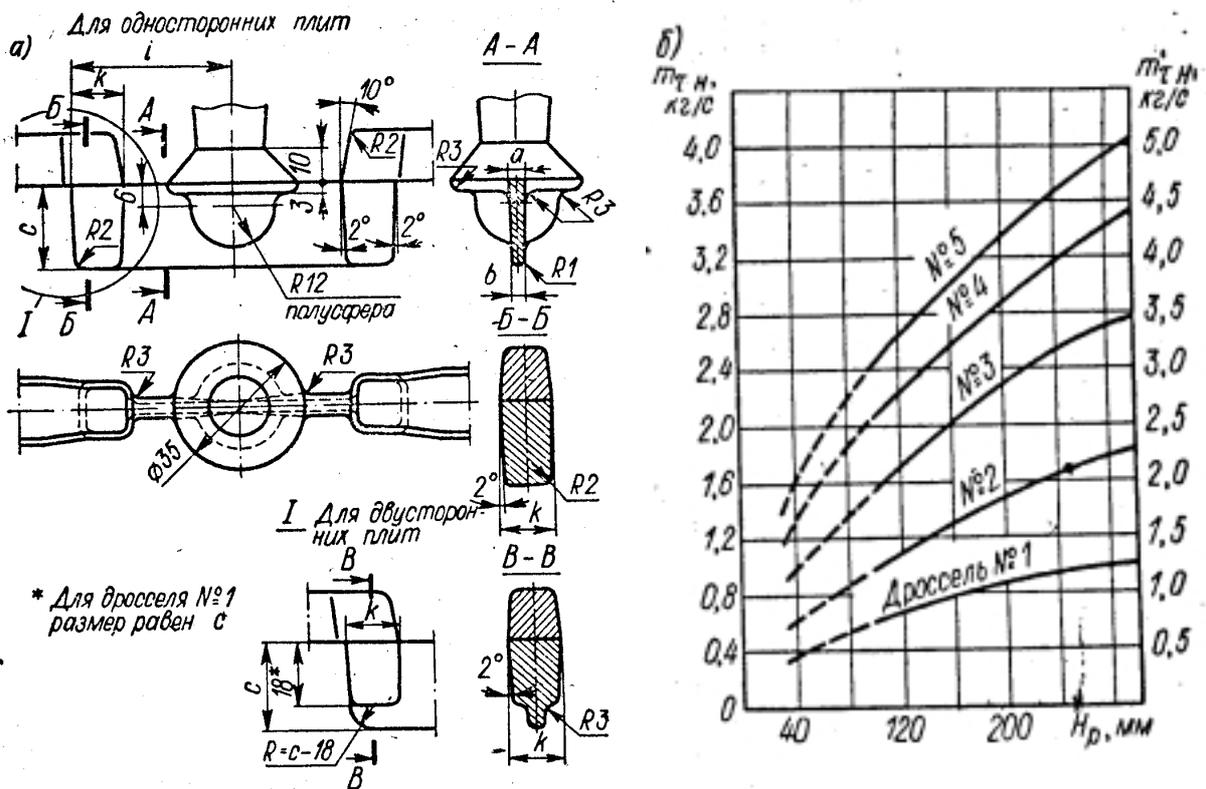


Таблица 22

Размеры дросселей, мм (к рис. 5)

Номер дросселя	$\Sigma S_{др}, \text{см}^2$	$a^{+0,2}$	$b^{+0,2}$	$c^{+0,2}$	i	k
1	1,0	4,5	4,1	11,6	45	15
2	2,0	4,5	3,6	24,6	45	15
3	3,0	5,5	4,5	30,0	45	15
4	4,0	7,0	6,0	30,8	48	18
5	5,0	9,0	8,0	29,4	50	18

Литниковые системы с сеткой. Сетки в литниковых системах выполняют роль фильтров, задерживающих шлаковые, газовые и прочие неметаллические включения. Сетки изготавливают из стержневых смесей, керамики, жаростойкой стеклоткани, базальтового волокна и т.п.

Наиболее современными и эффективными являются керамические сетки с отверстиями 0,75x0,75 мм; 1,0x1,0 мм; 1,5x1,5 мм. Толщина перегородок между отверстиями - 0,5 мм. Высота отверстий - 10 мм. Проходные сечения сеток могут быть любыми, а наружная форма сеток - круглой, квадратной, прямоугольной. Для проектов рекомендуется выбирать нормализованные проходные сечения сеток: сетка № 1 $\Sigma S=200 \text{ мм}^2$; сетка № 2 $\Sigma S=350 \text{ мм}^2$; сетка № 3 $\Sigma S=700 \text{ мм}^2$.

Схема литниковой системы с сеткой и дросселем показана на рис. 6. Размеры дросселей и размеры знака под сетку металлоприемника выбираются по табл. 23 и табл. 24.

Таблица 23

Размеры дросселей, мм

Номер сетки	Система	Номер дросселя	$S_{др}, \text{см}^2$	(a)	$b^{+0,2}$	$c^{+0,2}$	$e^{+0,2}$
1	a	1	0,638	14,4	14	4,5	15,5
		2	1,37	15,2	13	9,8	18
		3	2,27	14,8	10	18,1	18

Окончание табл. 23

Номер сетки	Система	Номер дросселя	$S_{др}, \text{см}^2$	(a)	$b^{+0,2}$	$c^{+0,2}$	$e^{+0,2}$
2	б	1	2,5	20,5	16,8	13,4	24
		2	4,03	20,9	14,5	23	24
3	в	1	3,4	27,5	24,8	13	30
		2	4,9	27,5	23,5	19,2	30
		3	7,46	27,8	22,2	30	30

Таблица 24

Размеры знака под сетку и металлоприемника, мм (к рис.6)

Номер сетки	Номер дросселя	f	g	i	$k_0^{+0,2}$	$k_1^{+0,2}$	k_2	$l_0^{+0,2}$	$l_1^{+0,2}$	l_2
2	1	22,6	21	28,4	51,1	47,1	40	90,1	86,1	65
	2	22,6	18,5	38						
3	1	30	29	28	56,1	52,1	45	100,1	96,1	80
	2	29	27,5	34						
	3	29,8	2	45						

2.6.2. *Определение размеров элементов литниковых систем для отливок из цветных сплавов*

Определяется масса жидкого металла в килограммах, проходящего через литниковую чашу. По табл. 25 определяется площадь поперечных сечений питателей.

Таблица 25

Сечение питателей для отливок из цветных сплавов

Объем жидкого металла, дм^3	Площадь сечения питателей, см^2	Объем жидкого металла, дм^3	Площадь сечения питателей, см^2
0-0,07	0,3-0,4	16,0-18,4	1,0-1,5
0,07-0,13	0,4-0,5	18,4-21,0	1,0-1,5
0,13-0,4	0,5-0,65	21,0-23,7	1,0-1,5
0,4-0,7	0,65-0,85	23,7-26,3	1,0-1,5
0,7-1,3	0,65-0,85	26,3-30,0	1,5-1,6
1,3-2,0	0,65-0,85	30,0-37,0	1,6-1,75
2,0-3,0	0,65-0,85	37,0-44,0	1,75-2,0

б) для легких сплавов рекомендуется при расширяющейся литниковой системе следующее соотношение

$$F_{\text{шл}} : F_{\text{кол}} : F_{\text{ст}} = (3 - 6) : (1,5 - 3) : 1.$$

2.7. Выбор способа формовки, состава формовочных и стержневых смесей

Выбор способа формовки (ручной, машинный автоматический) зависит от размеров отливки, ее конфигурации и характера производства. Ручная формовка в почве применяется при изготовлении малоответственных, а также крупных и тяжелых отливок, а иногда и крупных в индивидуальном и мелкосерийном производстве.

Машинная формовка применяется в основном для мелких и средних отливок, а иногда и крупных в условиях индивидуального, серийного, массового производства.

Формовка на автоматических линиях применяется только в условиях массового производства.

Литейные формы заливают всырую и всухую. При изготовлении мелких и средних отливок простой конфигурации (массой до 1 т) формы заливают обычно всырую. При изготовлении крупных и сложных отливок формы заливают всухую. Все большее применение находят поверхностно подсушенные и химически твердеющие формы. В зависимости от этого формовочные смеси подразделяют на смеси для заливки в сырую форму и для заливки в сухую форму.

В зависимости от металла отливки формовочные смеси подразделяются на смеси для чугунного, стального и цветного литья. В зависимости от характера использования формовочные смеси разделяются на облицовочные, наполнительные и единые. При ручной формовке используются облицовочные и наполнительные, при машинной формовке - единые смеси. В табл. 26 приведены примерные составы единых формовочных смесей для чугунного литья, в табл. 27 - для стального литья и табл. 28 - для цветного литья. В табл. 29 приведены примерные составы наполнительных смесей для чугунного, стального и цветного литья.

Стержни, как и формы, могут изготавливаться вручную при помощи стержневых ящиков или шаблонов и на машинах (встряхивающих, пескоструйных, пескострельных, центробежных, шнековых) по холодным и горячим ящикам. Примерные составы стержневых смесей приведены в табл. 30 и табл. 31.

Примерные составы формовочных смесей для чугунного литья

Характеристика отливок		Характеристика смеси				Состав смеси, % (по массе)			
Масса, кг	Толщина стенки, мм	Содержание глинистых составляющих, %	Газопроницаемость в сыром состоянии	Прочность на сжатие, кгс/см ²	Влажность, %	Отработанная смесь	Свежие материалы	Каменный уголь	Древесные опилки
Для отливки всырую									
До 20	До 10 >10	8-10	25-35	0,30-0,50	4-5,5	78-59	20-38	2-3	-
		8-10	30-50	0,30-0,50	4-5,5	78-59	20-38	2-3	-
20-200	До 25 > 25	7-10	40-60	0,30-0,50	4-5,5	75-45	22-51	3-4	-
		8-10	50-70	0,30-0,50	4-5,5	75-45	21-50	4-5	-
200-1000	До 40 > 40	9-11	60-80	0,40-0,60	4,5-6	70-40	26-55	4-5	-
		10-12	70-100	0,45-0,70	4-6,5	70-40	25-52	5-8	-
1000-5000	До 50 > 50	11-13	100-200	0,50-0,80	5-7	60-40	34-52	6-8	-
		12-14	100-130	0,60-0,80	5-7	60-40	34-52	6-8	-
Для отливки всухую									
До 1000	-	12-14	60-80	0,50-0,80	6-7	70-40	27-57	-	0,3
>1000	-	12-16	80-100	0,50-0,80	6-8	60-35	37-62	-	0,3
До 2000	До 30	12-14	70	0,50-0,65	7-8	60-50	28-40	-	10-12
2000-15000	До 50	14-16	70	0,65-0,80	7-8	50-40	38-50	-	10-12
10000-30000	До 60	-	-	На разрыв в сухом состоянии 1,5-2,5	12-16	20	Песок 47 Глина 20	-	13

Т а б л и ц а 27

Примерные составы формовочных смесей для углеродистого стального литья

Смесь	Масса отливки, кг	Толщина стенки, мм	Состав смеси, % (по массе)			
			Отработанная смесь	Кварцевый песок	Глина огнеупорная	Сульфитная барда
Облицовочная для формовки всырую	До 100	До 25	80-40	16,6-53,0	3,0-6,5	До 0,5
То же	100-500	До 25	75-40	20,5-51,5	408	До 0,5
—//—	500	До 25	60-40	33,5-51,0	6-8,5	До 0,5
Облицовочная для формовки всухую	До 5000	До 50	80-40	15,5-50,5	4-9	До 0,5
То же	5000	До 50	60-40	33,0-49,5	6,5-9,0	0,5-1,5
—//—	До 10000	До 50	Песок и глина 100%	Песок и глина 100%	Песок и глина 100%	Песок и глина 100%
—//—	10000-30000	До 50	Пылевидный кварц	Пылевидный кварц	Пылевидный кварц	Пылевидный кварц
Для отливок, склонных к горячим трещинам	-	До 80	20%, песок и глина 80%	20%, песок и глина 80%	20%, песок и глина 80%	20%, песок и глина 80%
Единая смесь для формовки всырую	До 100	До 25	Древесные опилки	Древесные опилки		
			80-40	12,5-15,5	4-9	2,4-1,5
			92-90	6,5-8,0	-	1,5-2,0

Примерные составы формовочных смесей для цветного литья

Смесь	Состав смеси, % (по массе)			Характеристика смеси				
	Обра- ботан- ная смесь	Све- жие мате- риалы	Прочие добавки	Влаж- ность, %	Содержание глинистой составляю- щей, %	Газопроницае- мость, не менее	Прочность, кгс/см ²	
							сырых образцов на сжатие	сухих об- разцов на разрыв
Единая смесь для литья медных сплавов всырую	82-88,5	7-10	Мазут 1,0-1,5	4,5-5,5	8-12	30	0,30-0,50	-
Облицовочная смесь для литья медных сплавов всырую	80-40	18,5-59	Мазут 1,0-1,5	4,5-5,5	8-12	30	0,30-0,50	-
То же всухую	80-60	20-40	-	5,5-7,0	10-15	30	0,40-0,60	0,80-1,20
Единая смесь для литья алюминиевых сплавов всырую	92-90	3-10	-	4,5-5,5	8-10	20	0,30-0,50	-
Облицовочная смесь для литья алюминиевых спла- вов всырую	80-60	20-40	-	4-5	8-12	20	0,30-0,50	-
То же всухую	80-60	19,5-39	Сульфитная бар- да 0,5-1,0	5-6	8-12	20	0,40-0,60	0,70-1,20
Формовочная смесь для литья магниевых сплавов	95-85	5-15	Фтористая при- садка 5,0-9,0	4,5-6,0	-	30-70	0,40-0,80	-
То же	90-85	10-15	Фтористая при- садка 5,0-9,0	4,5-6,0	-	30-70	0,40-0,80	-

Примерные составы наполнительных формовочных смесей

Смесь	Состав смеси, % по объему			Характеристика смеси		
	Отработанная смесь	Свежие материалы	Древесные опилки	Влажность, %	Газопроницаемость, не менее	Прочность (сжатие во влажном состоянии), кгс/см ²
Для заливки чугунного литья всырую	100-97	0-3	-	5,0-5,5	60	0,25-0,35
То же всухую	100-95	0-5	-	6,0-7,0	80	0,35-0,45
Для заливки стального литья всырую	100-97	0-3	-	5,0-5,5	90	0,30-0,45
То же всухую	80-75	0-5	20	6,0-7,0	-	0,25-0,35
То же особо податливая	50-45	0-5	50	7,0-8,0	-	0,35-0,45
Для заливки бронзы и латуни всырую	100-97	0-3	-	5,0-5,5	30	0,35-0,45
То же всухую	100-95	0-5	-	6,0-7,0	30	0,35-0,50
Для литья из силумина всырую	100-97	0-3	-	4,5-5,0	50	0,30-0,40
То же всухую	100-96	0-4	-	6,0-7,0	50	0,30-0,45

Таблица 30

Примерные составы стержневых смесей для чугунного и стального литья

Класс стержней	Состав смеси в весовых частях				
	Отработанная смесь	Кварцевый песок	Огнеупорная глина	Связующие добавки	Древесные опилки
I	-	100	-	1,2-1,5	-
II	-	97-100	0-3	3-5	-
III	-	96-97	3-4	2-4	0-1
IV	0-40	59-93	1-7	1,5-3	0-2
V	20-60	38-72	2-8	4-5	0-3

Таблица 31

Примерные составы стержневых смесей для цветного литья

Вид литья	Класс стержней	Состав смеси в весовых частях						Характеристика смеси				
		Отра- ботан- ная смесь	Квар- це- вый песок	Глина	Крепи- тели	Дре- вес- ные опил- ки	Гли- нис- тый песок	Содержа- ние гли- нистой состав- ляющей, %	Газо- прони- цае- мость	Предел прочности, кгс/см ²		Влаж- ность, %
										на сжатие в сыром состоянии	на сжа- тие в сухом состоя- нии	
Для мед- ных спла- вов	I	-	100	-	1,0-1,5	-	-	До 2	120	0,03-0,06	7-10	2-3
	II	-	97	3	2-5	-	-	3-5	90	0,06-0,10	5-7	3-4
	III	-	96-97	3-4	2-4	-	-	4-6	90	0,10-0,16	3,5-6	3-4,5
	IV	30-35	61-67	3-4	1,5-3	0-4	-	6-8	70	0,16-0,30	2-3	4-6
	V	20-60	-	-	2-5	0-4	40-80	8-12	60	0,30-0,50	1-2	5-6
Для алю- миниевых сплавов	I	-	100	-	0,6-1,2	-	-	До 2	120	0,03-0,06	5-8	2-3
	II	-	90	-	1,5-3,0	-	10	2-4	90	0,05-0,10	4-7	3-4
	III	-	80-85	-	1,5-4,0	-	15-20	3-5	90	0,10-0,16	3,5-6,0	3-4
	IV	-	50-60	-	1,5-3,0	-	40-50	5-8	70	0,16-0,30	2-3	4-5

В зависимости от сложности стержней их подразделяют на пять классов:

1-й класс. Стержни сложной конфигурации, а также стержни, сильно смываемые металлом, имеющие большое число знаков и образующие в отливках необрабатываемые поверхности.

2-й класс. Стержни, имеющие на себе тонкие выступы, ребра или перемычки, сами по себе массивные и имеющие более развитые знаки, чем стержни первого класса, образующие в отливках частично или полностью необрабатываемые поверхности.

3-й класс. Стержни средней сложности, обычно центровые, образующие внутренние необрабатываемые поверхности, с высокими требованиями к качеству поверхности.

4-й класс. Стержни несложной конфигурации, образующие внутренние обрабатываемые полости или внешние габаритные стержни малой и средней сложности.

5-й класс. Массивные стержни, образующие внутренние полости в крупном литье.

2.8. Классификация и размеры опок

Опоки классифицируются по способу изготовления, конфигурации, весу, размерам и применению.

По способу изготовления:

- цельнолитые - из стали чугуна и цветных металлов;
- сварные - из проката или стальных литых элементов;
- сварнолитые - из стали и чугуна.

По конфигурации:

- опоки подразделяются на прямоугольные, квадратные, круглые и фасонные.

По весу:

- ручные до 30 кг, комбинированные до 50 кг, крановые более 50 кг.

По применению:

- парные опоки для машинной формовки;
- опоки для ручной и пескометной формовки;
- одиночные верхние опоки для формовки в почве;
- автоматные опоки.

Размеры опок выбираются в зависимости от размеров модели (моделей, если их несколько на плите) и стола машины. Характеристикой служит размер опок в свету (т.е. без учета толщины стенок опок и уклонов) или средний размер (длина + ширина)/2, а для круглых опок – диаметр. С целью уменьшения количества формовочной смеси, идущей на изготовление

формы, и экономии металла, расходуемого на изготовление опок, необходимо рационально располагать модели в форме.

В табл. 32 даны рекомендуемые расстояния между моделями и внешними границами формы. По ним можно рассчитать необходимые размеры опок. Расчетные размеры опок приводятся в соответствие с размерами, рекомендуемыми ГОСТ 2133-75 (выбирают ближайший типоразмер в большую сторону).

Таблица 32

Рекомендуемые расстояния между моделями и элементами формы, мм

Масса отливки, кг	От верха опоки до верха модели	От низа модели до низа опоки	От модели до стенок опок	От кромки стояка до стенки опоки	Между кромками модели	От кромки шлакоуловителя до кромки модели
До 5	40	40	30	30	30	30
5-10	50	50	40	40	40	40
10-25	60	60	50	50	50	30
25-50	70	70	50	50	60	40
50-100	90	90	60	60	70	50
100-250	100	100	70	70	100	60
250-500	120	120	80	80	-	70
500-1000	150	150	90	90	-	120
1000-2000	200	200	100	100	-	150
2000-3000	250	250	125	125	-	200
3000-4000	275	275	150	150	-	225
4000-5000	300	300	175	175	-	250
5000-10000	350	350	200	200	-	250
Свыше 10000	400	400	250	250	-	250

2.9. Расчет подъемной силы (давления) металла и массы груза

Металлостатический набор Н (высота от верхнего уровня заливочной воронки или чаши до плоскости разъема формы) способствует заполнению формы металлом и получению хорошего отпечатка формы на отливке. Одновременно этот напор создает давление металла на форму, что создает необходимость обеспечения определенной прочности формочной смеси.

Наконец, давление металла на верхнюю полуформу создает подъемную силу. Подъемная сила увеличивается при наличии в отливке стержня, который стремится всплыть в жидком металле в соответствии с законом Архимеда. Общая подъемная сила может достигать больших значений и приводить к подъему верхней полуформы в конце заливки. В этом случае

жидкий металл вытекает по плоскости разъема из формы, отливка уходит в брак, а на заливочном участке может возникнуть аварийная ситуация.

Чтобы избежать этого, необходимо всегда рассчитывать подъемную силу и определять необходимость и массу дополнительного груза, который обычно ставится сверху на форму. Вместо груза может применяться также крепление опок друг к другу скобами, болтами, автоматическими зажимами.

Расчет подъемной силы расплава, действующей на верхнюю полуформу, определяется по формуле:

$$P_p = H\rho_m F_{п.о} + V_{р.ст} (\rho_m - \rho_{ст}),$$

где H - металлостатический напор, м; ρ_m - плотность металла (для чугуна и стали можно принять 7000 кг/м^3); $\rho_{ст}$ - плотность стержня, можно примерно принять 2500 кг/м^3 ; $F_{п.о}$ - площадь сечения отливки по плоскости разъема в проекции на верхнюю полуформу, м^2 ; $V_{р.ст}$ - объем рабочей части стержня, м^3 .

Площадь проекции отливки и объем рабочей части стержня определяются по чертежу методом условного деления сложного тела на простые элементы подсчетом для этих простых элементов и последующим суммированием полученных величин.

Подъемная сила P_p в конце заливки может вырастать в 1,2 - 1,5 раза за счет явления гидравлического удара.

Поэтому масса груза определяется так:

$$M_{гр} = K(P_p - M_{п.ф}),$$

где K - коэффициент запаса; $K = 1,4 - 1,6$; $M_{п.ф}$ - масса верхней полуформы, включая массу опоки и массу смеси в верхней полуформе.

Коэффициент запаса применяется с учетом возможности гидравлического удара.

Выбрать соответствующую по габаритам опоку, взять из справочника ее массу. Вычислить объем формовочной смеси в опоке и ее массу. Плотность формовочной смеси принять равной $\rho_{п.ф} = 2500 \text{ кг/м}^3$, плотность сухого стержня можно приблизительно принять $\rho_{ст} = 2200 \text{ кг/м}^3$.

2.10. Расчет минимальной прочности формы

Жидкие сплавы, заливаемые в форму, оказывают на эту форму давление, действующее во все стороны, в том числе и вверх. Давление, действующее на самую нижнюю точку формы, включая гидравлический удар, определяет минимальную прочность литейной формы.

Расчет минимальной прочности смеси на сжатие производят по формуле

$$\sigma_{сж} = K_1 \rho_M H_M$$

где K_1 - коэффициент запаса, $K_1 = 1,5 - 2$ (учитывает возможность гидравлического удара); ρ_M - плотность сплава, для чугуна и стали $\rho_M = 7 \text{ г/см}^3$; H_M - максимальный напор металла в форме (разница высот между нижней точкой отливки и верхней точкой формы). Ответ перевести в единицу измерения $\sigma_{сж}$, килограмм, деленный на сантиметр в квадрате.

РЕКОМЕНДАТЕЛЬНЫЙ БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Материалы в машиностроении. Т.2. Стали. Чугуны / Под ред. Н.Н. Александрова. – М: Машиностроение, 2000. - 780 с.
2. Могилев В.К., Лев О.И. Справочник литейщика. - М.: Машиностроение, 1988. - 272 с.
3. Балабин Б.В. Модельное производство. - М.: Машиностроение, 1970.-280 с.
4. Справочник по чугунному литью / Под ред. Н.Г. Гиршовича.- М.; Л.: Машиностроение, 1978.-758 с.
5. Баландин Г.Ф., Васильев В.А. Физико-химические основы литейного производства.- М.: Машиностроение, 1971. – 216 с.
6. Рыжиков А.А. Технологические основы литейного производства. – М.;Л.: Машгиз, 1962. – 527 с.
7. Рыжиков А.А. Теоретические основы литейного производства. – М.;Л.: Машгиз, 1961. – 446 с.
8. Филиппов Г.И. Литые заготовки и способы их получения: Учеб. пособие.- Л.: ЛПИ, 1985. – 88 с.
9. Специальные способы литья: Справ./ В.А. Ефимов, Г.А. Анисович, В.Н. Бабич и др.; Под общ. ред. В.А. Ефимова.- М.: Машиностроение, 1991.- 436 с.
10. Цветное литье: Справ./ Н.М. Галдин, Д.Ф. Чернега, Д.Ф. Иванчук и др.; Под общ. ред. Н.М. Галдина.- М.: Машиностроение, 1989.- 528 с.
11. Сафронов В.Я. Справочник по литейному оборудованию. - М.: Машиностроение, 1985.- 320 с.

Основные государственные стандарты

1. ГОСТ 3.1125-88. Правила графического выполнения чертежей элементов литейных форм и отливок. – М.: Изд-во стандартов, 1988.
2. ГОСТ 26645-85. Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку. – М.: Изд-во стандартов, 1985.
3. ГОСТ 1412-79. Отливки из серого чугуна с пластинчатым графитом. Общие технические условия. – М.: Изд-во стандартов, 1979.
4. ГОСТ 7293-79. Отливки из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом. Общие технические условия. – М.: Изд-во стандартов, 1979.
5. ГОСТ 21079-75 – 21087-75. Модели литейные металлические. – М.: Изд-во стандартов, 1975.
6. ГОСТ 3606-80. Модели литейные. Уклоны формовочные. – М.: Изд-во стандартов, 1980.
7. ГОСТ 3212-80. Модели и стержневые ящики литейные. – М.: Изд-во стандартов, 1980.
8. ГОСТ 2413-87. Модели и стержневые ящики литейные деревянные. Окраска и маркировка. – М.: Изд-во стандартов, 1987.
9. ГОСТ 20340-74 – 20351-74. Модели литейные. Крепление моделей на металлических модельных плитах. – М.: Изд-во стандартов, 1974.
10. ГОСТ 19505-74. Модели литейные и стержневые ящики пластмассовые. Технические требования. – М.: Изд-во стандартов, 1974.
11. ГОСТ 13355-74. Ящики стержневые и модели литейные металлические. Шероховатость поверхностей. – М.: Изд-во стандартов, 1974.
12. ГОСТ 19367-74 – 19410-74. Ящики стержневые металлические. – М.: Изд-во стандартов, 1974.
13. ГОСТ 21074-75 – 21076-75. Корпуса металлических стержневых ящиков для сменных вкладышей на встряхивающие стержневые машины. – М.: Изд-во стандартов, 1975.
14. ГОСТ 20377-74 – 20386-74. Плиты подопочные. – М.: Изд-во стандартов, 1974.
15. ГОСТ 20084-74 – 20131-74. Плиты модельные металлические для встряхивающих формовочных литейных машин. – М.: Изд-во стандартов, 1974.
16. ГОСТ 20377-74 – 20386-74. Плиты подопочные. – М.: Изд-во стандартов, 1974.

17. ГОСТ 20024-74 – 20053-74. Опоки литейные сварные из прокатной полосовой стали специальных профилей. – М.: Изд-во стандартов, 1974.
18. ГОСТ 2133-75. Опоки литейные. Типы и основные размеры. – М.: Изд-во стандартов, 1975.
19. ГОСТ 8909-75. Опоки литейные цельнолитые стальные и чугунные. Технические требования. – М.: Изд-во стандартов, 1975.
20. ГОСТ 2133-75. Опоки литейные. Типы и основные размеры. – М.: Изд-во стандартов, 1975.
21. ГОСТ 17127-71 – 17132-71. Опоки литейные сварные из литых стальных элементов. Конструкция и размеры. – М.: Изд-во стандартов, 1971.
22. ГОСТ 14928-80. Опоки литейные для автоматических линий. – М.: Изд-во стандартов, 1980.
23. ГОСТ 2138-91. Пески формовочные. Общие технические условия. – М.: Изд-во стандартов, 1991.
24. ГОСТ 3226-93. Глины формовочные. Общие технические условия. – М.: Изд-во стандартов, 1993.
25. ГОСТ 10722-78. Пасты литейные противопригарные. – М.: Изд-во стандартов, 1978.
26. ГОСТ 100580-74. Машины литейные. Общие технические требования. – М.: Изд-во стандартов, 1974.
27. ГОСТ 18521-83. Аппараты дробеметные. Основные параметры и размеры. Технические требования. – М.: Изд-во стандартов, 1983.
28. ГОСТ 10548-74. Барабаны очистные галтовочные. Типы, основные параметры и размеры. – М.: Изд-во стандартов, 1974.
29. ГОСТ 7020-75. Машины литейные формовочные встряхивающие. Типы. Основные параметры. – М.: Изд-во стандартов, 1975.
30. ГОСТ 8262-75. Решетки литейные выбивные. Типы, основные параметры и размеры. – М.: Изд-во стандартов, 1975.
31. ГОСТ 15955-80. Смесители литейные чашечные. Типы, основные параметры и размеры. Технические требования. – М.: Изд-во стандартов, 1980.
32. ГОСТ 8907-79. Машины литейные стержневые пескодувные. Общетеchnические условия. – М.: Изд-во стандартов, 1979.
33. ГОСТ 22096-84. Линии автоматические формовочные. Типы, основные параметры. – М.: Изд-во стандартов, 1984.
34. ГОСТ 9227-85. Барабаны очистные дробеметные конвейерные периодического действия. Основные параметры и размеры. – М.: Изд-во стандартов, 1985.
35. ГОСТ 10954-76. Камеры очистные дробеметные периодического действия. Основные параметры и размеры. – М.: Изд-во стандартов, 1976.
36. ГОСТ 10955-80. Барабаны очистные дробеметные непрерывного действия. Основные параметры и размеры. – М.: Изд-во стандартов, 1980.

37. ГОСТ 11046-87. Камеры очистные дробебетные непрерывного действия. Основные параметры и размеры. – М.: Изд-во стандартов, 1987.

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ И ОБЪЕМ КУРСОВОГО ПРОЕКТА	3
1.1. Содержание расчетно-пояснительной записки	3
1.2. Содержание графической части	5
1.3. Защита курсового проекта	7
2. РУКОВОДЯЩИЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ	7
2.1. Условия технологичности литой детали	9
2.1.1. Внешнее очертание литой детали	9
2.1.2. Внутренние полости и отверстия в отливках	10
2.1.3. Толщина стенок отливок	11
2.1.4. Сопряжения стенок, углы и переходы	12
2.1.5. Горячие узлы в отливках, холодильники и ребра жесткости	12
2.2. Выбор положения отливки в форме	13
2.3. Выбор плоскости разъема формы	14
2.4. Данные для конструирования отливок, моделей и стержневых ящиков	15
2.4.1. Конструкции и размеры модельных комплектов	17
2.4.2. Проектирование литейных стержней	22
2.5. Выбор материала для изготовления модельного комплекта	27
2.6. Проектирование и расчет литниковой системы	29
2.6.1. Расчет размеров литниковых систем для мелкого и среднего чугуна	31
2.6.2. Определение размеров элементов литниковых систем для отливок из цветных сплавов	39
2.7. Выбор способа формовки, состава формовочных и стержневых смесей	41
2.8. Классификация и размеры опок	48
2.9. Расчет подъемной силы (давления) металла и расчет массы груза	49
2.10. Расчет минимальной прочности формы	50
РЕКОМЕНДАТЕЛЬНЫЙ БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	51

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К КУРСОВОМУ ПРОЕКТУ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ "ТЕХНОЛОГИЯ ЛИТЕЙНОГО
ПРОИЗВОДСТВА"

Составители

ГАВРИЛИН Игорь Васильевич

ПАНФИЛОВ Александр Васильевич

Ответственный за выпуск - зав. кафедрой профессор В.А.Кечин

Редактор А.П. Володина

Корректор В.В. Гурова

Компьютерная верстка Е.Г. Радченко

ЛР № 020275 Подписано в печать 26.02.02.

Формат 60x84/16. Бумага для множит. техники. Гарнитура Таймс.

Печать офсетная. Усл. печ. л. 3, 25. Уч.-изд.л. 3,76. Тираж 100 экз.

Заказ

Владимирский государственный университет.

Подразделение оперативной полиграфии

Владимирского государственного университета.

Адрес университета и подразделения оперативной полиграфии:

600000, Владимир, ул. Горького,87.

e-mail: rio-m2@vpti/vladimir.su