

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Белорусский национальный технический университет

Кафедра «Машины и технология литейного производства»

В.А. Скворцов
С.Л. Ровин
Ф.И. Рудницкий

Технология литейного производства

Учебно-методическое пособие к выполнению курсового проекта по дисциплине «Теория и технология литейного производства» для студентов специальности 1-36 02 01 «Теория и технология литейного производства»

Минск
БНТУ
2020

УДК 621.74
ББК 34.61
С42

Р е ц е н з е н т :

канд. техн. наук, доцент кафедры «Металлургия черных и цветных
сплавов»
Белорусского национального технического университета
А.М. Михальцов

Скворцов В.А.

С42 Технология литейного производства: Учебно-методическое пособие к выполнению курсового проекта по дисциплине «Теория и технология литейного производства» для студентов специальности 1-36 02 01 «Теория и технология литейного производства» / В.А. Скворцов, С.Л. Ровин, Ф.И. Рудницкий. – Минск: БНТУ, 2020.–74 с.

Учебно-методическое пособие содержит подробное разработано в соответствии с типовой программой по курсу «Теория и технология литейного производства», содержит подробное описание работ по курсовому проектированию, разработке литейно-модельных указаний, выбору составов формовочных и стержневых смесей, разделительных и противопригарных покрытий, выбору конструкции и расчету литниковых систем. Учебно-методическое пособие предназначено для студентов дневной формы обучения специальности 1-36 02 01 «Машины и технология литейного производства».

Оглавление

Введение	4
1. Разработка литейно-модельных указаний.....	4
1.1. Выбор плоскости разъема и положения отливки в форме.....	5
1.2. Припуск на механическую обработку.....	6
1.3. Припуски на усадку сплава.....	7
1.4. Литейные уклоны.	8
1.5. Стержневые знаки.	9
2. Выбор и расчет литниковых систем	11
2.1. Требования к литниковым системам	11
2.2. Методика расчета типовых литниковых систем	13
3.Методика расчета дроссельной литниковой системы.....	26
4. Методика расчета форм с вертикальной плоскостью разъема	37
5. Расчет груза	45
6. Выбор типа и конструкции прибылей.....	45
7. Формовочные и стержневые смеси	59
8. ОБОРУДОВАНИЕ ЛИТЕЙНЫХ ЦЕХОВ	65

Введение

Курсовой проект по курсу «Теория и технология литейного производства» является заключительным этапом усвоения знаний по данному курсу. В ходе выполнения проекта необходимо правильно подобрать наиболее оптимальные материалы и технологические процессы изготовления форм и стержней, выбрать современное высокопроизводительное оборудование для их изготовления, а также для заливки готовых форм расплавленным металлом, очистки поверхностей отливки. Все технологические процессы необходимо по возможности автоматизировать с использованием высокопроизводительных автоматических линий. При разработке технологии получения отливок необходимо правильно разработать литейно-модельные указания, от которых во многом зависит качество получаемого литья и его себестоимость. Особое внимание должно быть уделено последовательности процесса получения отливок от выбора формовочных материалов до финишных операций обработки отливок. Изложение материала в пояснительной записке должно быть в той же последовательности, как на практике происходит изготовление отливок. Описание этих процессов должно быть достаточно полным со ссылками на соответствующие ГОСТы или ТУ применяемых материалов, составов формовочных и стержневых смесей, а также разделительных и противопригарных покрытий. При выборе оборудования указывается его название, которое должно соответствовать названию в каталоге с указанием технических характеристик. При разработке конструкции и расчете литниковой системы необходимо соблюдать правила подвода металла в полость литейной формы и стремиться к тому, чтобы масса металла в литниковой системе была минимальной. Заключительным этапом разработки технологического процесса получения отливки является моделирование процессов заполнения литейной формы и образования дефектов усадочного характера, которые позволяют судить о правильности разработанного технологического процесса.

К пояснительной записке прилагаются: чертеж детали с литейно-модельными указаниями, чертежи монтажа моделей на модельных плитах, чертеж формы в сборе, чертеж стержневого ящика и результаты моделирования технологического процесса.

1. Разработка литейно-модельных указаний

Литейно-модельные указания наносятся на копии чертежа детали в соответствии с «Правилами выполнения чертежей литейной формы и отливки» ГОСТ 3.1125-88. Основные работы и технологические указания, выполняемые при разработке такого чертежа, следующие:

- определить и указать плоскость разъема модели и формы и положение отливки при заливке;
- указать припуски на механическую обработку;
- указать припуск на усадку сплава;
- нанести литейные уклоны;
- изобразить контуры стержней, их знаки и фиксаторы с необходимыми уклонами и зазорами;
- показать направление набивки и плоскость разъема стержневого ящика, места вывода газов из формы и стержней;
- указать места установки жеребеек;
- показать отъемные части моделей;
- показать холодильники, их размеры и количество;
- указать усадочные ребра, стяжки, пробы для механических и других испытаний, технологические приливы;
- показать литниковую систему, сечения ее элементов с указанием площадей и количества.

1.1. Выбор плоскости разъема и положения отливки в форме.

При выборе плоскости разъема и положения отливки в форме очень часто имеется несколько вариантов. Поэтому выбор оптимального варианта учитывает соблюдение основных правил:

- наиболее целесообразно получение отливок в одной полуформе; если это выполнить невозможно, то следует большую часть отливки располагать в нижней полуформе;
- ответственные обрабатываемые поверхности отливок должны располагаться внизу или на боковых поверхностях формы;
- отливку в форме следует располагать так, чтобы при затвердевании соблюдался принцип одновременного или направленного, затвердевания сплава;
- линия разъема модели не должна проходить по базовым поверхностям отливки или по поверхностям с пониженной шероховатостью;
- разъем модели и формы должен обеспечить применение минимального количества стержней и отъемных частей на модели, удобную сборку и простановку стержней в нижней полуформе.

Разъем модели и формы на чертеже детали показывают отрезком или ломаной штрихпунктирной линией, заканчивающейся знаком «X- X», над которой указывается буквенное обозначение: МФ — при применении разъемных моделей и Ф — неразъемных. Направление разъема обозначается сплошной основной линией, ограниченной стрелками, перпендикулярными линии разъема. Положение отливки в форме при

заливке показывают буквами В (верх) и Н (низ), расположенными у стрелок, обозначающих направление разъема (рис.1.1).

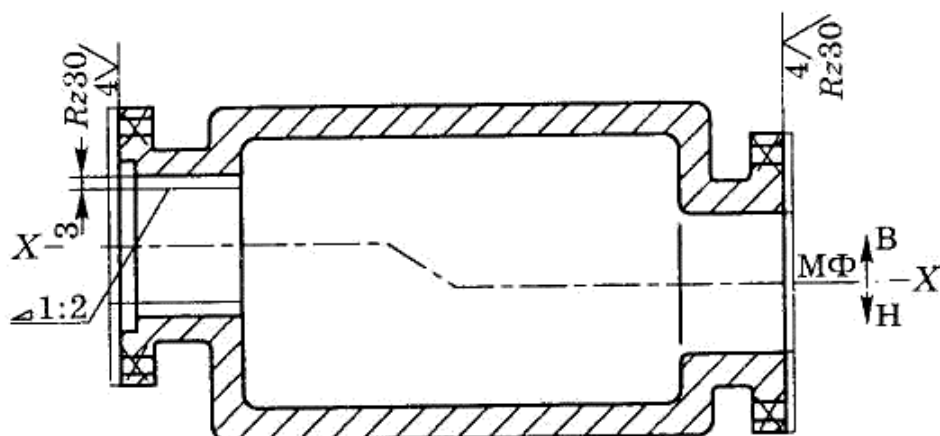


Рис.1.1. Пример указания разъема формы и модели, положение детали при заливке и припусков на механическую обработку

1.2. Припуск на механическую обработку.

Припуски на механическую обработку (на сторону) назначают отдельно на каждую обрабатываемую поверхность отливки по ГОСТ 26645-85, с учетом общего допуска элемента поверхности, вида окончательной механической обработки и ряда припуска на отливку. Порядок определения общего припуска на механическую обработку следующий:

по принятому технологическому процессу литья, типу заливаемого сплава и наибольшему габаритному размеру отливки определяем класс размерной точности (табл.9, ГОСТ 26645-85);

по классу размерной точности и номинальному размеру, определяем допуск размера отливки (табл. 1, ГОСТ26645-85);

по отношению наименьшего размера элемента к наибольшему, виду формы (многократные или разовые) и термообработки отливки определяем степень коробления элемента отливки (табл.10, ГОСТ 26645-85);

по степени коробления элемента отливки и номинальному размеру определяем допуск формы и расположения элемента отливки (табл.2, ГОСТ 26645-85);

по допуску размера, допуску формы и расположения поверхности определяем общие допуски элементов отливок (табл.16, ГОСТ26645-85);

по выбранному технологическому процессу, наибольшему габаритному размеру типу сплава определяем степень точности поверхностей отливок (табл.11, ГОСТ 26645-85);

по степени точности поверхности определяем ряд припуска отливки (Приложение 6, табл.14, ГОСТ 26645-85);

по общему допуску, виду окончательной механической обработки и ряду припуска определяем общий припуск на сторону (табл.6, ГОСТ 26645-85).

Припуски на механическую обработку изображают сплошной тонкой линией (допускается выполнять ее красным цветом). Величину припуска указывают цифрой перед знаком шероховатости поверхности детали или величиной уклона и линейными размерами (рис.1). Отверстия, впадины и т.п., не выполняемые при отливке детали, зачеркиваются сплошной тонкой линией (рис.1.1).

1.3. Припуски на усадку сплава.

При разработке чертежа элементов литейной формы в технических условиях на отливку указывается величина усадки сплава в процентах, которая учитывается при изготовлении модельного комплекта. Величину литейной усадки для различных сплавов выбирают по табл.1.1. Причем верхний предел берется для отливок с простой конфигурацией поверхности, в которых преобладает свободная усадка, а нижний — для сложных отливок со стержнями, имеющих затрудненную усадку.

Таблица 1.1

Линейная усадка литейных сплавов

Сплавы	Линейная усадка, %	Сплавы	Линейная усадка, %
Чугун: серый белый ковкий перлитный ковкий ферритный высокопрочный	1,0-1,3	Бронза: оловянистая алюминиевая	1,4-1,6
	1,6-2,3		1,5-2,4
	1,2-2,0	Латунь: кремнистая цинковая	1,6-1,8
	1,0-1,2		1,5-2,2
	1,2-1,5		
Сталь: углеродистая (0,14-0,75 % C) марганцевая (до 14% Mn) хромоникелевая (25% Cr, 20% Ni)	1,5-2,0	Магниевые сплавы	1,1-1,9
	2,5-3,8	Алюминиевые сплавы	1,0-2,0
	1,8-2,2	Силумин (8-14% Si)	1,0-1,2
		Цинковые сплавы	1,0-1,5

Размеры модели с учетом усадки определяют по формуле:

$$l_M = l_{отл} \left(1 + \frac{\varepsilon_l}{100} \right), \quad (1.1)$$

где $l_{отл}$ – размер отливки по чертежу, мм.; ε_l – линейная усадка, %.

1.4. Литейные уклоны.

Технологические формовочные уклоны выполняются на формообразующих поверхностях, расположенных перпендикулярно линии разреза, для облегчения извлечения модели из литейной формы.

При назначении величины формовочных уклонов следует руководствоваться ГОСТ 3212-92. В зависимости от требований, предъявляемых к поверхностям отливок, условий ее сопряжения с другими деталями технологические уклоны следует выполнять:

- на обрабатываемых поверхностях отливки сверх припуска на механическую обработку за счет увеличения размеров отливки (рис.1.2, а);
- на необрабатываемых поверхностях отливки, не сопрягаемых по контуру с другими отливками, за счет увеличения и уменьшения размеров отливки (рис.1.2, б);
- на необрабатываемых поверхностях отливки, сопрягаемых по контуру с другими деталями, за счет уменьшения (рис.1.2,в) или увеличения (рис.1.2, з) размеров отливки в зависимости от поверхности сопряжения.

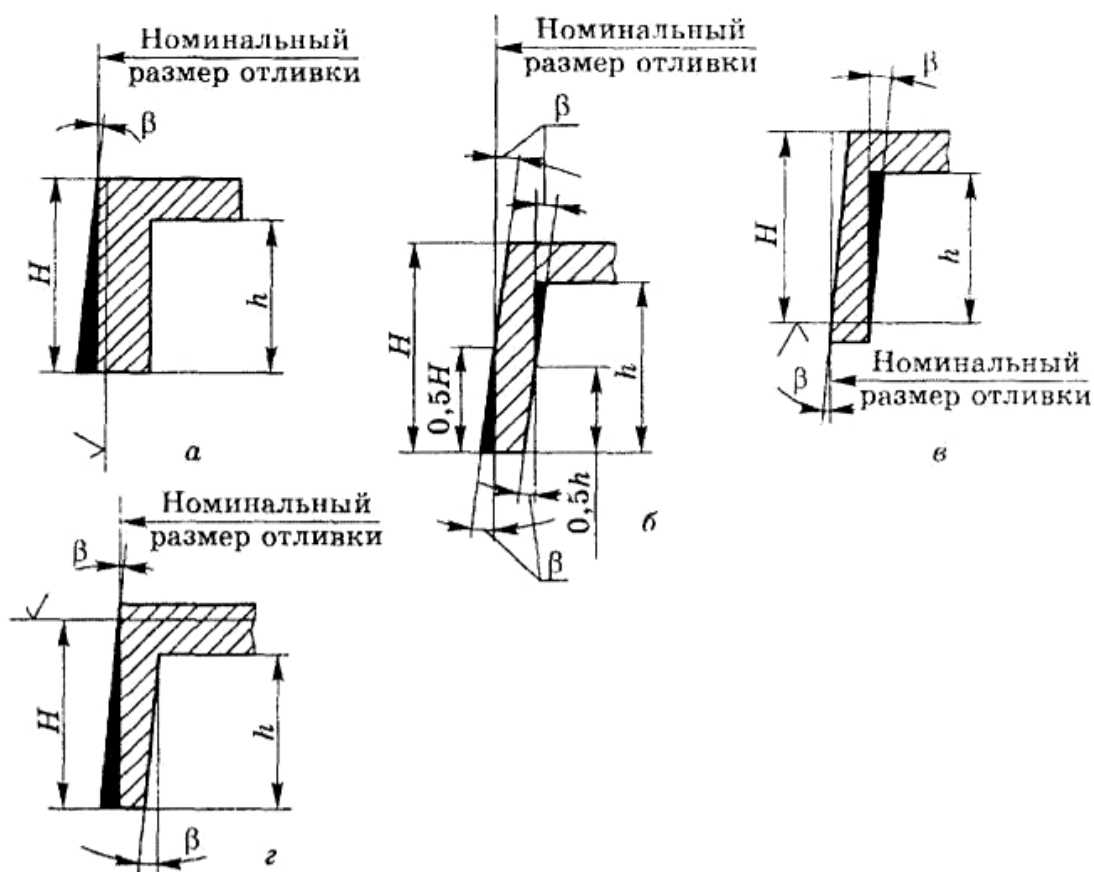


Рис.1.2. Формовочные уклоны на рабочих поверхностях моделей:
а – на наружных; б – на наружных и внутренних

1.5. Стержневые знаки.

Для оформления внутренних полостей, наружных углублений и выступов отливки применяются стержни. Установка и фиксация стержня в форме осуществляется с помощью стержневых знаков, которые в зависимости от положения стержня при сборке могут быть горизонтальными (рис.1.3, а) и вертикальными (рис.1.3, б). Конфигурация стержневых знаков выбирается в соответствии с ГОСТ 3212-92 и зависит от размеров сечения знаков $(a + b)/2$ или D , длины стержня (L), положения его в форме (вертикальное, горизонтальное) и способа формовки.

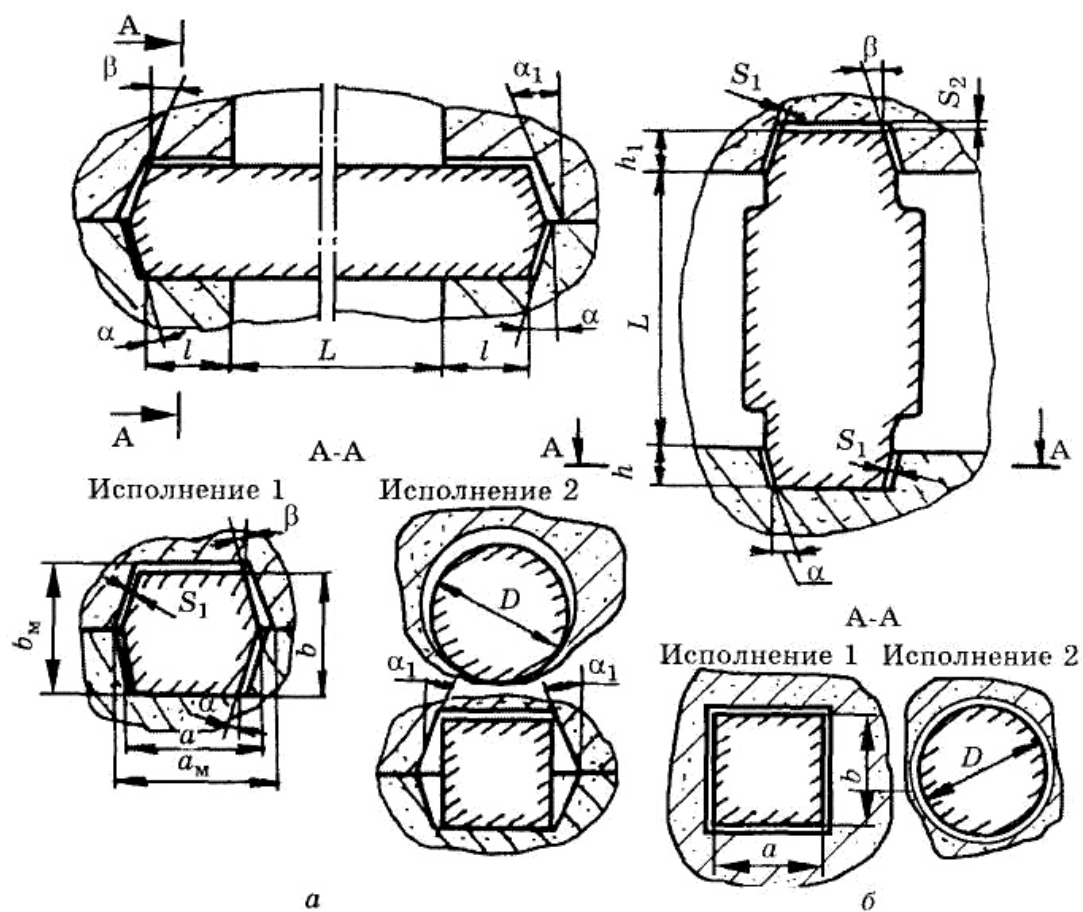


Рис.1.3. Стержневые знаки: а – горизонтальные; б – вертикальные

Длина знака консольного стержня l (рис.1.4, а) может быть увеличена до длины стержня L . Высоту верхних вертикальных знаков принимают не более 0,5 высоты нижних вертикальных знаков, определенных по ГОСТ 3218-92. При отношении L/D или $\frac{2L}{a+b} \geq 5$ нижний вертикальный знак рекомендуется выполнять в соответствии с рис.1.4, б. Формовочные уклоны на знаковых формообразующих поверхностях (α , β , α_1), предназначенные

для облегчения сборки форм, в зависимости от высоты знака и расположения его в форме, должны соответствовать размерам, указанным в ГОСТ 3212-92. Под знаковой формообразующей поверхностью понимают поверхность модельного комплекта, формирующую части литейной формы или стержня, не подлежащих соприкосновению с жидким металлом.

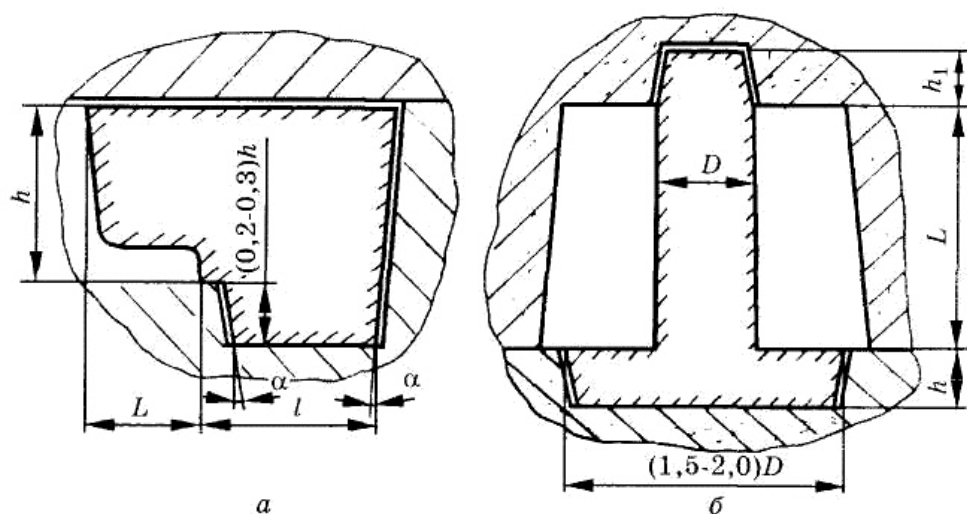


Рис.1.4. Примеры выполнения стержневых знаков:
a – консольного стержня; *б* – вертикального тонкого стержня

Между поверхностью формы и знаковой частью стержня необходимо предусмотреть технологические зазоры (S_1 и S_2), которые необходимы для правильной установки стержней в форму. Значение зазоров S_1 и S_2 зависит от наибольшей высоты знаков и длины стержня между опорами и должно соответствовать значениям ГОСТ 3212-92.

Для обеспечения точной фиксации стержня и предотвращения его смещения относительно своей оси в литейной форме применяют стержневые знаки с фиксатором. Такие фиксаторы можно выполнять на вертикальных и горизонтальных знаках. Примеры исполнения контрольных знаков и их размеры приведены на рис.1.5.

Стержни, их знаки и фиксаторы, знаки моделей на чертеже детали изображаются в масштабе чертежа сплошной тонкой линией, которую допускается выполнять синим цветом. Контуры стержней и знаков следует наносить на минимальном числе изображений, обеспечивая при этом необходимое для изготовления модельного комплекта представление о контурах, расположении стержней и размерах знака. Стержни в разрезе штрихуются только у контурной линии по ГОСТ 3.1125-88 и обозначаются буквами ст. и номером, например ст.5, соответствует порядковому номеру при сборке формы. Кроме этого, на чертеже указывается направление набивки стержня (\rightarrow), разъем стержневого ящика (∇) и выход газов \rightarrow (В.Г.).

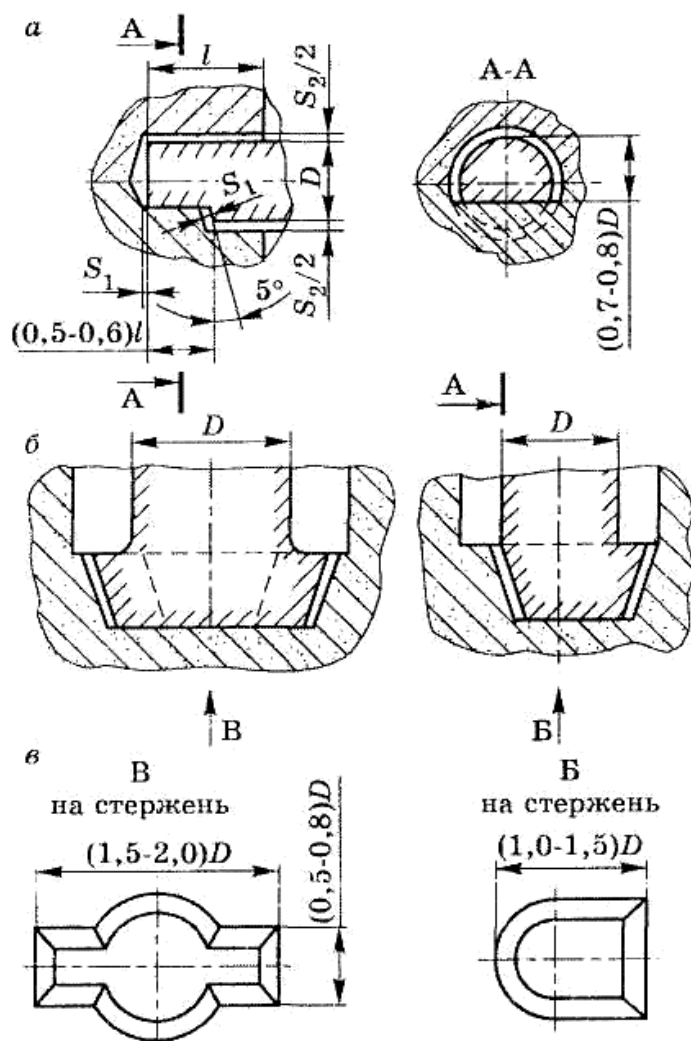


Рис.1.5. Примеры конструктивных исполнений стержневых знаков

2. Выбор и расчет литниковых систем

2.1. Требования к литниковым системам

Литниковые системы служат для заполнения форм расплавленным металлом, а прибыли – для питания отливок в процессе их кристаллизации. Прибыль конструктивно часто связана с литниковой системой, в этом случае элементы литниковых систем могут быть разделены на подводящие и питающие.

Размеры подводящих элементов литниковой системы определяются гидродинамическими факторами, а питающих элементов и прибыли – тепловыми факторами, геометрией отливки, ее массой, литейными свойствами сплава, а также требованиями, предъявляемыми к отливке.

В общем случае литниковая система должна отвечать следующим основным требованиям:

–обеспечивать заполнение формы расплавленным металлом в расчетный

период времени с малой линейной скоростью (с целью предотвращения размыва формы и интенсивного перемешивания металла, вызывающих образование засора, окисных плен, газовых включений);

– препятствовать инжекции воздуха и газов из стенок формы потоком металла;

– задерживать шлак и другие неметаллические частицы;

– способствовать созданию необходимого теплового режима металла и формы с целью получения годных отливок (плотных, без трещин, с минимальными внутренними напряжениями, с чистой поверхностью без пригара, ужимин, раковин);

– не затруднять усадку затвердевающей отливки;

– быть удобной при формовке, занимать мало места в форме и обеспечивать высокий выход годного;

– легко отделяться от отливки и не вызывать больших затрат на обрубку и зачистку.

В зависимости от вида сплава, конструкции отливки и условий ее службы отдельные требования могут приобретать доминирующее значение или, наоборот, становиться второстепенными. Так, при производстве отливок из магниевых и высокопрочных алюминиевых сплавов, алюминиевых бронз, высокопрочных латуней и других сплавов с высокой реакционной способностью по отношению к кислороду требования минимального пленообразования в самой литниковой системе и ввода металла в полость формы с малой скоростью относятся к главным. Эти же требования приобретают второстепенный характер при литье серого чугуна или оловянистой бронзы, так как они не образуют плен. При литье стали главное внимание обращается на борьбу с усадочными дефектами, причем при разливке из стопорного ковша задача задержания шлака в литниковой системе вообще не становится. Учет специфики производства отливок в ряде случаев может помочь созданию простых литниковых систем и одновременно увеличению выхода годного.

Выбор места подвода металла является одной из главных задач. Подвод металла в тонкое место отливки имеет целью выровнять скорость охлаждения тонкой и толстой частей отливки, что способствует уменьшению напряжений, а при отсутствии прибылей – и усадочных раковин.

Подвод металла в толстое место отливки позволяет создать последовательное (направленное) затвердевание для более успешного действия прибыли. Напряжения устраняются при этом медленным охлаждением отливки в форме или последующим отжигом. Для борьбы с напряжениями надо стремиться также к равномерному подводу металла по периферии отливки. К рассредоточенному подводу металла прибегают также с целью уменьшения нагрева плоских частей формы, образующих тонкие стенки отливки, что способствует уменьшению брака по ужиминам и раковинам.

2.2. Методика расчета типовых литниковых систем

Литниково-питающие системы (ЛПС) служат для обеспечения заполнения литейных форм металлом с оптимальной скоростью, исключающей образование в отливке недоливов и неметаллических включений, и компенсирующей объемную усадку в период затвердевания отливки с получением в ней металла заданной плотности. ЛПС должна также удовлетворять требованиям технологичности при изготовлении моделей, форм и отливок. При этом необходимо стремиться к созданию по возможности компактных ЛПС. Излишнее их развитие ведет к перерасходу металла, завышению затрат труда, низкой эффективности использования оборудования и площадей.

К типовым литниковым системам относятся: горизонтальные, боковые, сифонные, верхние и дождевые. Для их расчета используют упрощенные методы, основанные на следующих допущениях:

- расплав рассматривается как идеальная жидкость с постоянной вязкостью, охлаждение расплава и нагрев формы при ее заполнении не учитываются;
- движение расплава рассматривается как установившееся движение тяжелой жидкости по закрытым и открытым каналам.

При конструировании литниковой системы необходимо придерживаться ряда правил, направленных на обеспечение требований к литниковым системам.

1. Протяженность каналов литниковой системы должна быть минимальной и жидкий металл необходимо подводить к полости формы кратчайшим путем.
2. Поток металла, подводимый в полость формы, должен быть направлен вдоль стенки отливки или касательно к ней.
3. Подвод металла должен обеспечивать одностороннее движение металла в форме.
4. Нежелательно размещать элементы литниковой системы вблизи знаковых частей стержней, холодильников, а также жеребеек.
5. Подвод металла осуществляют в наиболее массивную часть отливки, если толщина ее стенок различается незначительностью и, наоборот, металл подводят к тонким стенкам, если их толщины существенно различаются.

Конкретная литая деталь представляет собой оригинальную конструкцию, что приводит к необходимости создания самостоятельной ЛПС для каждой отливки. Вместе с тем литые детали имеют много общего в размерах стенок, узлов, их сочленений, благодаря чему открываются возможности для типизации конструкций ЛПС и выработки общих методов их расчета.

Расчет сводится к определению площади наименьшего сечения литниковой системы (стояка или питателя) с последующим определением (по соотношениям) площадей сечения остальных элементов системы.

Для сужающихся литниковых систем площадь наименьшего сечения F_n находят по формуле (метод Озанна-Диттерта)

$$F_n = \frac{G}{\rho \tau \mu \sqrt{2gH_p}} \quad , \quad (2.1)$$

где G – масса отливок в форме с литниковой системой, кг;
 ρ – плотность заливаемого расплава, кг/м³;
 τ – продолжительность заливки формы, с;
 μ – коэффициент расхода расплава, учитывающий потери на трение, повороты в литниковой системе;
 g – ускорение свободного падения, м/с²;
 H_p – расчетный статический напор, м.

Для определения массы отливки с литниковой системой на чертеж детали наносятся литейно-модельные указания: плоскость разъема, положение отливки в форме, припуски на механическую обработку, уклоны, галтели, конфигурация стержней, стержневые знаки, зазоры между формой и стержнем. Определяются заливаемые отверстия, технологические приливы, расположение прибылей, питающих бобышек и др. На основании литейно-модельных указаний определяются габаритные размеры моделей, разрабатывается эскиз расположения моделей на подмодельной плите и конструкция литниковой системы, по которым определяются длины питателей и шлакоуловителей. Выбираются номинальные размеры опок в свету.

Номинальные размеры опок в свету зависят от конструкции литниковой системы, габарита моделей, необходимых минимальных толщин слоя формовочной смеси между моделями и стенками опок, между моделями, между моделью и шлакоуловителем, которые зависят от массы отливки и выбираются по таблице 2.1.

Полученные данные позволяют определить минимальные размеры опок, которые окончательно уточняют по ГОСТ 2133-75. На практике рассматривается несколько типоразмеров опок и выбирается размер опоки, в которой содержится минимальное количество формовочной смеси, затраченной на единицу массы получаемых отливок.

Продолжительность заливки формы (τ) определяют по формулам, полученным в результате обобщения опыта работы различных литейных цехов. Для сложных по конфигурации, тонкостенных отливок массой до 500 кг время заливки рекомендуется определять по формуле

$$\tau = S\sqrt{G} \quad (2.2)$$

где S – коэффициент, зависящий от преобладающей или средней толщины стенки отливки; при толщине стенок 2,5–3,5; 3,5–6,0 и 8–15 мм соответственно равен 1,66, 1,85 и 2,2.

Для средних и крупных отливок

$$\tau = S\sqrt[3]{G\delta}, \quad (2.3)$$

где δ – преобладающая или средняя толщина стенки отливки, мм; при δ до 10; 10–20; 20–40; 40 и более мм коэффициент S соответственно равен 1,0; 1,35; 1,50; 1,70.

Таблица 2.1

Минимальные толщины слоев формовочной смеси на различных участках опоки

Масса отливки, кг	Минимально допустимая толщина слоя, мм				
	от стенки опоки до модели	между моделями	между моделью и шлакоуловителем	от верха модели до верха опоки	от низа модели до низа опоки
До 5	20	30	30	4	50
6-10	30	40	30	50	60
11-25	40	50	30	60	70
26-50	50	60	40	70	90
51-100	60	70	50	90	100
101-250	70	100	60	100	120
251-500	80	–	70	120	150
501-1000	90	–	120	150	200
1001-2000	100	–	150	200	250
2001-3000	125	–	200	250	300
3001-4000	150	–	225	275	350
4001-5000	175	–	250	300	370
5001-10000	200	–	250	350	400
Более 10000	250	–	250	400	450

Расчетный статический напор H_p зависит от типа литниковой системы, положения отливки в форме, способа заливки и других факторов и определяется из соотношения

$$H_p = H_0 - \frac{P^2}{2C} \quad (2.4)$$

где H_0 – высота стояка от уровня металла в литниковой воронке или чаше до места подвода металла в форму, м;

P – расстояние от верхней точки отливки до уровня подвода расплава в форму, м;

C – высота отливки в форме, с.

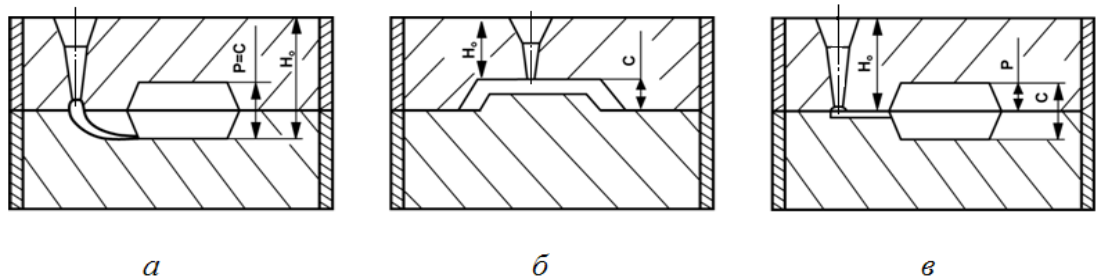


Рис. 2.1. К расчету статического напора различных конструкций литниковых систем:
а – сифонная; б – верхняя; в – боковая

Для сифонной литниковой системы (рис. 2.1 а) когда $P = C$, $H_p = H_0 - C/2$. При подводе металла сверху (рис. 2.1 б) $P = 0$, $H_p = H_0$. В случае симметричного расположения отливки относительно плоскости разъема и подвода металла в ней (рис. 2.1 в) $P = C/2$, $H_p = H_0 - C/8$.

Значение коэффициента расхода литниковой системы (μ) определяют по справочным таблицам. Для чугуна при заливке в сырую форму применяют $\mu = 0,35-0,50$; в сухую – $0,41-0,60$; для стали, соответственно $0,25-0,42$ и $0,30-0,50$.

Площади сечений других элементов литниковой системы для отливок из серого чугуна рассчитывают из соотношений

$$F_n : F_{ул} : F_{см} = 1 : 1,2 : 1,4 \quad (2.5)$$

где $F_{ул}$ – площадь сечения шлакоуловителя;

$F_{см}$ – площадь сечения стояка в самом узком месте.

При использовании в литниковой системе фильтровальной сетки площадь ее пропускного сечения ($F_{ф.с.}$) определяют из соотношения

$$F_n : F_{ф.с.} = 1 : 1 \quad (1 : 0,7) \quad (2.6)$$

Для тонкостенных чугунных отливок пользуются соотношением

$$F_n : F_{ул} : F_{см} = 1 : 1,06 : 1,11 \quad (2.7)$$

При определении площадей сечения литниковой системы для стальных простых толстостенных отливок пользуются соотношением

$$F_n : F_{ул} : F_{см} = 1 : 1,05 : 1,1, \quad (2.8)$$

а для сложных тонкостенных – соотношением

$$F_n : F_{ул} : F_{см} = 1 : 1,1 : 1,2 \quad (2.9)$$

При выборе конструкции литниковой системы для отливок из цветных сплавов (алюминиевых, магниевых, медных) особое внимание уделяют спокойному заполнению формы расплавом. С этой целью применяют расширяющиеся литниковые системы, в которых наименьшим сечением служит стояк ($F_{см}$) и формула (2.1) примет следующий вид

$$F_{см} = \frac{G}{\rho \tau \mu \sqrt{2gH_p}} \quad (2.10)$$

При расчетах площадей остальных каналов литниковой системы используются следующими соотношениями:
для литья алюминиевых и магниевых сплавов

$$F_n : F_{ул} : F_{см} = 4 : 2 : 1 \quad (6 : 3 : 1) \quad (2.11)$$

для медных сплавов

$$F_n : F_{ул} : F_{см} = 2 : 2 : 1 \quad (4 : 4 : 1) \quad (2.12)$$

Зная площади сечений основных элементов литниковой системы, можно определить остальные их размеры.

Питатели и шлакоуловители имеют, как правило, трапециевидальное поперечное сечение, площадь которого определяется по формуле

$$F_{n(ул)} = \frac{a+b}{2} \cdot h_{n(ул)} \quad (2.13)$$

где a – большее основание трапеции, м;

b – меньшее основание трапеции, м;

$h_{n(ул)}$ – высота питателя (шлакоуловителя), м.

Размеры питателей при расчете зависят от места присоединения его к отливке. В случае присоединения питателя к прибыли отливки

принимаются следующие соотношения его размеров $b = 0,7a$, $h_n = 1,25a$. Подставив их в формулу (2.13), получим размер большего основания

$$a = \sqrt{1,07 F_n} \quad (2.14)$$

В случае присоединения питателя непосредственно к отливке высота его должна быть на 3–5 мм меньше толщины стенки, к которой он присоединен.

Длина питателя выбирается в зависимости от конструкции литниковой системы, массы отливки, минимально допустимой толщины слоя смеси между моделью и шлакоуловителем (табл. 2.1) и берется по возможности минимальной.

В случае подвода расплава к отливке несколькими питателями рассчитанная площадь сечения питателя (F_n) является суммарной.

Для определения размеров сечения шлакоуловителя применяются такие же соотношения, как и для питателей, присоединенных к прибыли отливки. Поскольку для освобождения от неметаллических включений расплав должен пройти внутри шлакоуловителя определенное расстояние, его длину до питателя ($l_{шл}$) определяют по формуле

$$l_{шл} = 1,2h_{шл} \frac{V_{шл}}{V_в}, \quad (2.15)$$

где $h_{шл}$ – высота сечения шлакоуловителя, м;

$V_{шл}$ – скорость сплава в шлакоуловителе, м/с;

$V_в$ – скорость всплытия частицы, м/с.

Скорость всплытия частиц ($v_в$) определяется из формулы

$$V_в = 2 \sqrt{\frac{d_{шл}}{3} \cdot \frac{\rho_{Me} - \rho_{шл}}{\rho_{Me}} \cdot g}, \quad (2.16)$$

где $d_{шл}$ – диаметр частицы ($\sim 0,002$ м);

ρ_{Me} , $\rho_{шл}$ – плотность соответственно расплава и неметаллической частицы (~ 4500 кг/м³), кг/м³;

g – ускорение силы тяжести, м/с.

Скорость расплава в шлакоуловителе рассчитывают по формуле:

$$V_{шл} = \frac{G_{жс}}{\tau \cdot \rho_{Me} \cdot F_{шл}} \quad (2.17)$$

где $G_{жс}$ – масса жидкого металла в форме, кг;

τ – продолжительность заливки, с;

$F_{шл}$ – площадь поперечного сечения шлакоуловителя, м²

Если через шлакоуловитель расплав подводится к нескольким отливкам, то площадь его поперечного сечения ($F_{шл}$) умножается на количество отливок. При большой длине шлакоуловителя его делают ступенчатым, уменьшая его площадь после прохождения очередного питателя.

Диаметр стояка ($d_{ст}$) в самом узком месте определяют из выражения

$$d_{ст} = 2\sqrt{F_{ст} \frac{n}{\pi}}, \quad (2.18)$$

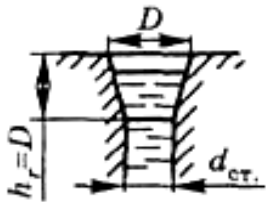
где n – количество отливок в форме, шт.

По найденному значению ($d_{ст}$) определяют верхний диаметр стояка ($d_{ст.в}$), для расширяющегося стояка (машинная формовка) $d_{ст} = d_{ст.в}$, а для сужающегося (ручная формовка) $d_{ст.в} = d_{ст} + 2h_{укл.}$, где $h_{укл.}$ – основание уклона, определяемого по ГОСТ 3212-92.

Выбор литниковой чаши осуществляют, исходя из массового расхода расплава при заполнении литейной формы. При массовом расходе расплава до 5 кг/с выбор литниковой воронки осуществляется по значению $d_{ст.в}$ с использованием данных таблицы 2.2. По значению $d_{ст.в}$ определяют номер и размеры литниковой воронки (табл. 2.2). При больших расходах до 10 кг/с применяют формованные литниковые чаши (рис. 2.2), номер и размеры которых приведены на рис.2.5 б и в таблице 2.3. При расходах расплава до 50 кг/с применяются чаши-нарошталки (рис.2.4), номер и размеры которых выбирают по номограмме (рис. 2.5 в) и таблице 2.4.

Таблица 2.2

Размеры литниковых воронок

$D = (2.7-3)h_{ст. в.}$	№ воронки	$G_{с. нач.}$	$D=h_r$	$d_{ст. в.}$
	1	до 1,5	50	18
	2	1,5-2,5	60	23
	3	2,5-3,5	75	27
	4	3,5-5,0	90	30

При больших расходах используют литниковые чаши, которые изготавливаются либо в верхней опоке литейной формы (рис.2.2), либо отдельно от нее, в виде, так называемых, чаш-нарошталок (рис.2.3). В литниковых чашах изготавливается специальный выступ, с помощью

которого осуществляется «завихрение» падающей из ковша струи расплава, что способствует всплытию шлака и удерживанию его в верхних слоях находящегося в чаше жидкого металла. Кроме того, этот выступ в сочетании с двумя вертикальными ребрами препятствует образованию «воронок» в стояке и «втягиванию» верхних слоев расплава из чаши в стояк.

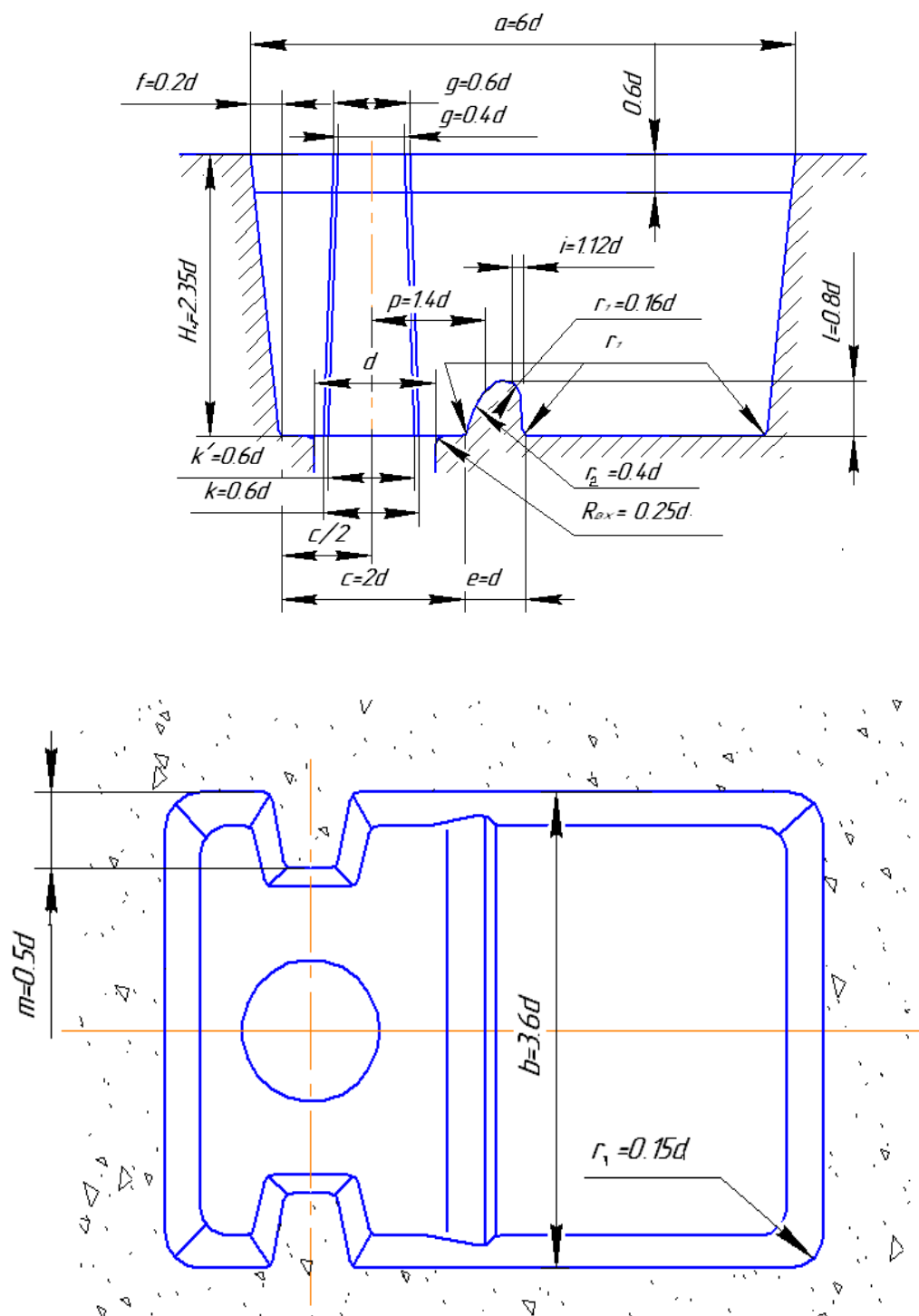


Рис.2.2. Эскиз формованной литниковой чаши с порогом, обеспечивающей расход металла до 10 кг/с

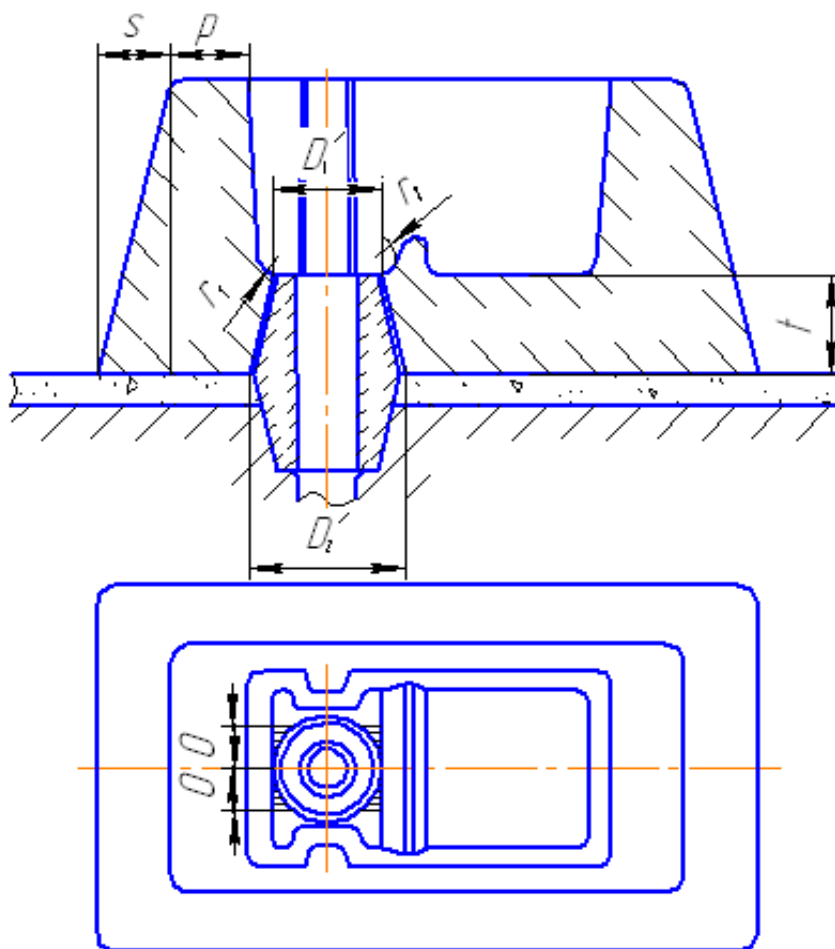


Рис.2.3. Эскиз литниковой чаши-нарощалки с расходом металла до 10 кг/с

Крупные чаши-нарощалки (расход от 10 до 50 кг/с) выполняют с перегородкой, которая разделяет чашу на две равные секции – приемную и расходную (рис 2.4). Расплав заливается в приемную секцию чаши и его нижние слои (без шлака) под перегородкой поступает в расходную секцию и далее в стояк (рис 2.4).

Для более эффективного удерживания шлака в чаше-нарощалке и предотвращения размыва расплавом стояка применяют специальные керамические пробки, которые устанавливаются у основания чаши и перекрывающие поступление расплава в стояк. При полном заполнении чаши металлом пробка вынимается (или всплывает) и расплав поступает в стояк.

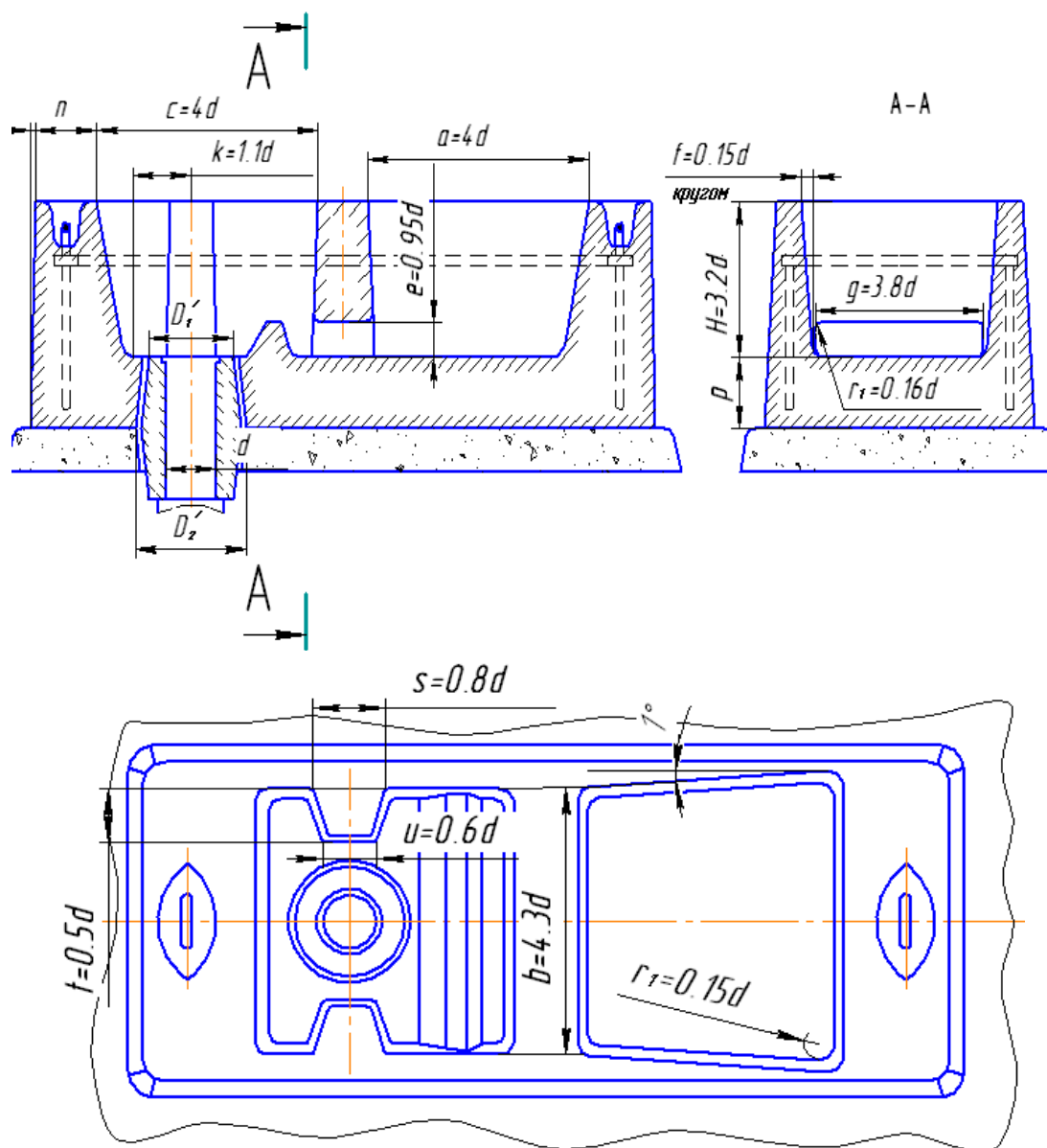


Рис.2.4. Эскиз литниковой чаши-нарощалки с перегородкой, обеспечивающей расход металла до 50 кг/с

Чаш-нарощалки изготавливаются из стержневой смеси, как правило, жидкостекольной или ХТС в стержневых ящиках и, если это необходимо, армируются по всему верхнему периметру для предотвращения разрушения чаши во время заливки.

Соединение чаши-нарощалки со стояком осуществляется с помощью стержня-стакана (или керамического стакана), который позволяет предотвратить уход металла в месте соединения.

Номера литниковых воронок, формуемых чаш с порогом и чаш-нарощалок определяют по номограммам (рис 2.5 а, б, в), а их размеры для чугунных отливок определяют по табл.2.2, 2.3, 2.4 и 2.5.

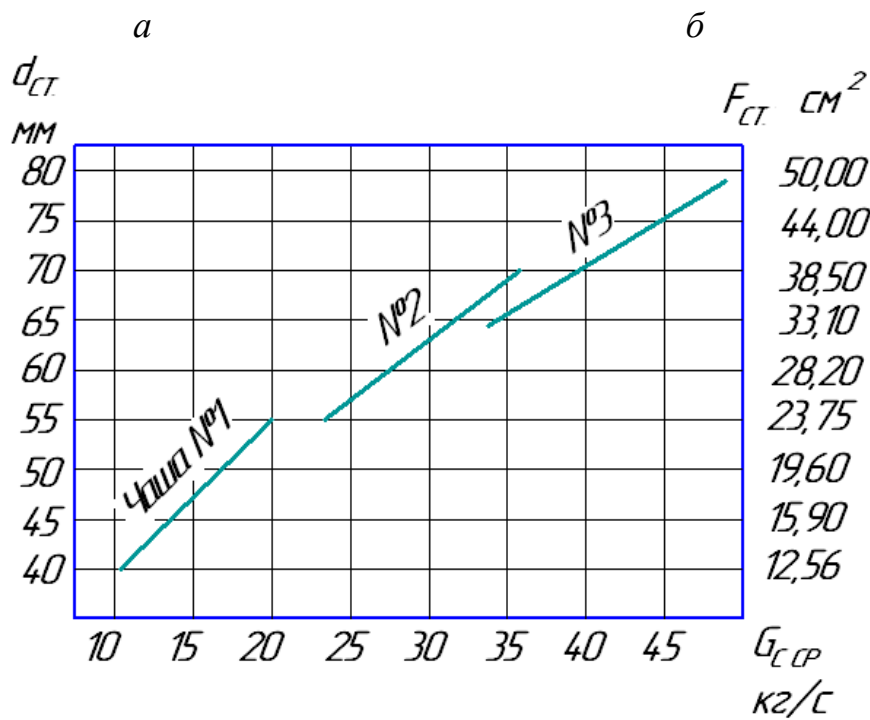
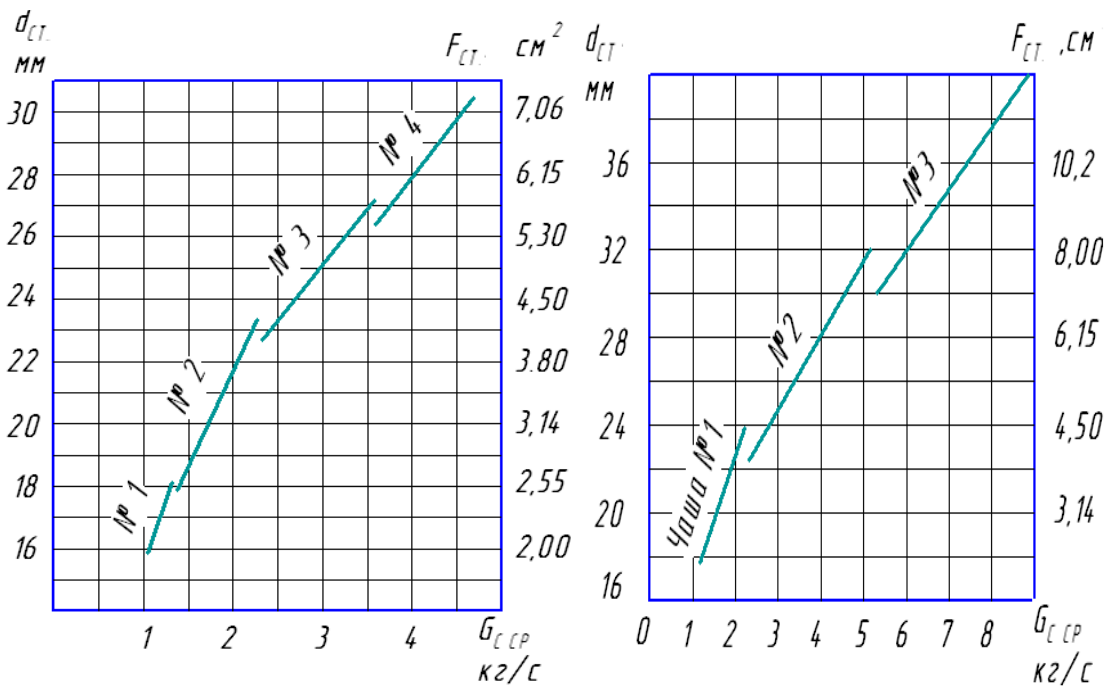


Рис.2.5. Номограммы для определения номера и d литниковых воронок, формуемых чаш и чаш-нарошалок:
 а – для литниковых воронок; б – для формуемых чаш;
 в – для чаш-нарошалок

	68	156	231		68	156	231
<i>a</i>	200	260	300	<i>k</i>	55	72	83
<i>b</i>	215	280	320	<i>l</i>	55	75	83
<i>c</i>	200	260	300	<i>m</i>	32	42	48
<i>D</i> ₁	97	118	133	<i>n</i>	45	75	90
<i>D</i> ₂	100	135	150	<i>o</i>	30	60	60
<i>e</i>	48	62	70	<i>p</i>	50	70	70
<i>f</i>	8	10	12	<i>s</i>	40	52	60
<i>g</i>	190	246	285	<i>t</i>	25	32	38
<i>H</i> ' ₄	160	210	240	<i>u</i>	30	40	45
<i>i</i>	75	97	112	<i>v</i>	15	20	22

После выбора литниковой воронки (чаши) и расчета сечений питателя, шлакоуловителя и стояка литниковой системы определяем ее массу ($G_{л.с.}$)

$$G_{л.с.} = G_n + G_{шл} + G_{ст} + G_{л.ч.} \quad (2.19)$$

где G_n – масса питателей, кг;

$G_{шл.}$ – масса шлакоуловителей, кг;

$G_{ст.}$ – масса стояка, кг;

$G_{л.ч.}$ – масса литниковой чаши (воронки), кг

Масса питателей (шлакоуловителей) определяется по формуле

$$G_{n(шл.)} = F_{n(шл.)} \cdot l_{n(шл.)} \cdot \rho \cdot n \quad (2.20)$$

где n – количество питателей (шлакоуловителей) в форме, ед.

Масса стояка и литниковой воронки определяется из выражения:

$$G_{ст(л.в.)} = \frac{1}{3} \pi H (R_1^2 + R_1 \cdot R_2 + R_2^2) \cdot \rho \quad (2.21)$$

где $H_{ст}$ – высота стояка (литниковой воронки), м.

Определив массу литниковой системы, уточняем время заливки (τ') и площади сечений элементов литниковой системы F_n' , $F_{шл}'$, $F_{ст}'$:

$$\tau' = S \sqrt{G + G_{л.с.}} \quad (2.22)$$

$$F_n' = \frac{G + G_{л.с.}}{\rho \tau' \mu \sqrt{2gH\rho}} \quad (2.23)$$

По полученным значениям определяем уточненную массу литниковой системы ($G_{л.с.}'$) по формулам (2.19) – (2.21).

Расчеты повторяются до тех пор, пока разница между последующим определением значения $G + G_{л.с.}$ и предыдущим не будет превышать 3%, также уточняем длину шлакоуловителя до первого питателя по формуле (2.15).

3.Методика расчета дроссельной литниковой системы

Дроссельные литниковые системы позволяют гибко регулировать продолжительность заполнения формы расплавленным металлом путем изменения площади сечения дросселя, который создает гидравлическое сопротивление расплаву и снижает его линейную скорость. Такие литниковые системы применяются, как правило, при получении толстостенных отливок.

Расчет дроссельной литниковой системы производится в следующем порядке.

1. На чертеж детали наносятся литейно-модельные указания и определяется масса отливки. Разрабатывается эскиз конструкции дроссельной литниковой системы, которая зависит от количества отливок в форме и их расположения. При расположении отливок по одну сторону от стояка применяются односторонние дроссели, которые могут быть одноходовыми (рис.3.1), двухходовыми (рис.3.2) или трехходовыми (рис.3.3), в зависимости от массового расхода расплава. Размеры односторонних дросселей приведены в таблицах 3.1, 3.2, 3.3. Если отливки располагаются по обе стороны от стояка, используются двухсторонние дроссели, одноходовые (рис.3.4) или двухходовые (рис.3.5), а их размеры приведены в таблицах 3.4, 3.5. При расположении отливок по четырем сторонам от стояка выбираются крестообразные дроссели (рис.3.6). Определяются размеры опок по методике, описанной в разделе 1.2.

2. Определяется средний массовый расход расплава ($m_{т.ср.}$) по номограмме, приведенной на рис. 3.7 при определенном режиме заполнения формы (быстро, нормально, медленно). Быстрая заливка применяется при изготовлении тонкостенных и сложных по конфигурации отливок; для отливок с большими плоскостями поверхности вне зависимости от толщины стенок. Медленная заливка рекомендуется для толстостенных отливок из серого чугуна; при заливке в сырую форму отливок с высокими вертикальными массивными частями в нижней опоке; при заливке перегретым расплавом отливок, имеющих большие стержни и относительно малые знаковые части. В остальных случаях используется нормальная заливка.

Для определения ($m_{т.ср.}$) на оси абсцисс откладывается масса отливок в форме и проводится перпендикуляр до пересечения с линией определенного режима заполнения формы. От точки пересечения

проводится горизонталь до пересечения с осью ординат, где указаны значения ($m_{т ср.}$).

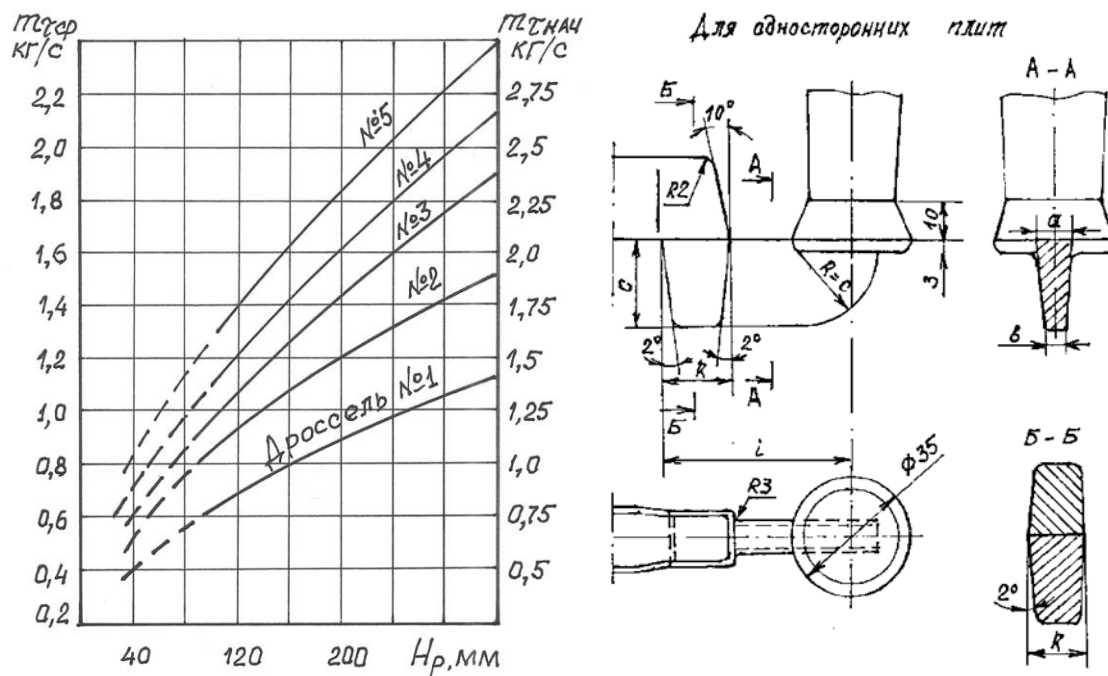


Рис. 3.1. Дроссели односторонние одноходовые

Таблица 3.1

Размеры односторонних одноходовых дросселей, мм

Номер дросселей	$F_{др.}, мм^2$	$a^{+0,2}$	$b^{+0,2}$	$c^{+0,2}$	i	k
1	100	4,5	3,6	24,6	45	15
2	150	5,5	4,5	30	45	15
3	150	7,0	6,2	22	48	18
4	200	7,0	6,0	30,8	48	18
5	250	9,0	8,0	29,4	53	23

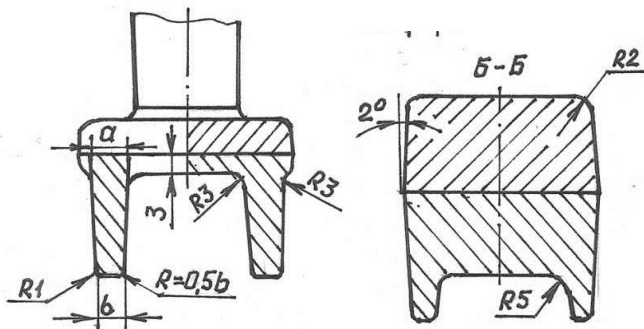
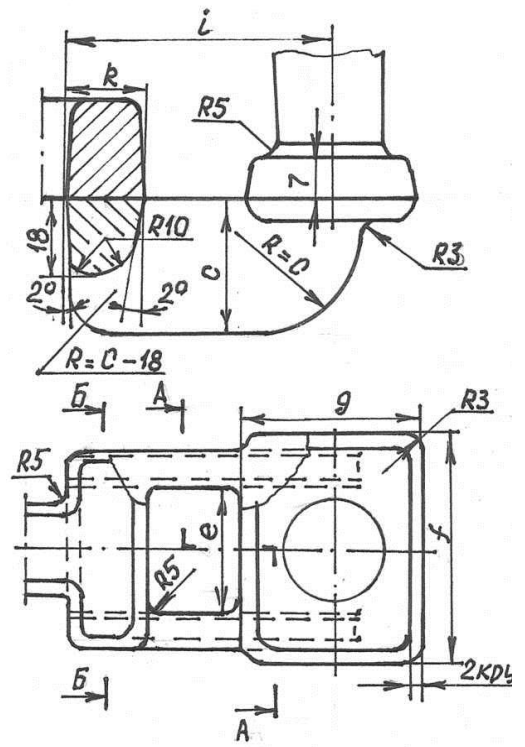
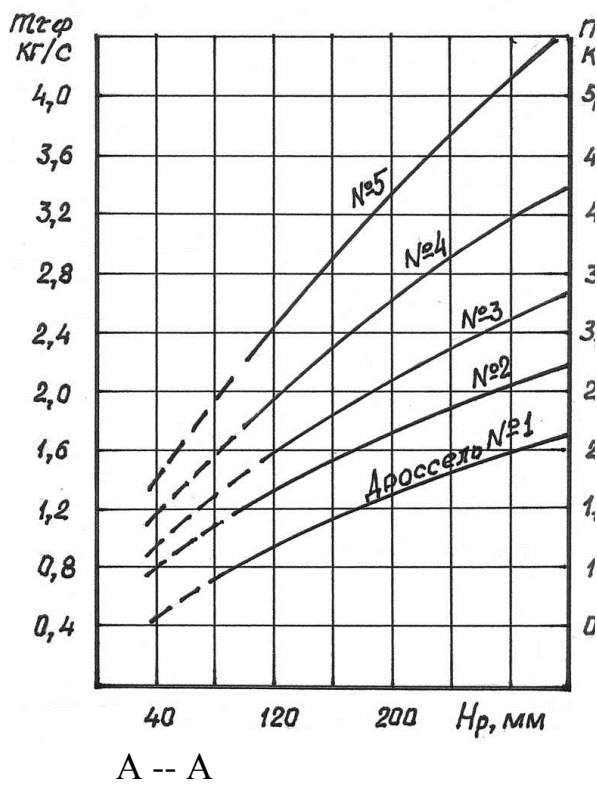


Рис.3.2. Дроссели односторонние двухходовые

Таблица 3.2

Размеры односторонних двухходовых дросселей, мм

Номер дросселей	$\Sigma F_{др.},$ мм ²	$a,^{+0,2}$	$b^{+0,2}$	$c^{+0,2}$	e	f	g	i	k
1	200	4,5	3,6	24,6	30	45	40	52	15
2	250	5,5	4,6	24,6	30	47	40	52	15
3	300	5,5	4,5	30,0	30	47	40	52	15
4	400	7,0	6,0	30,8	30	50	40	57	20
5	500	9,0	8,0	29,4	30	54	40	60	20

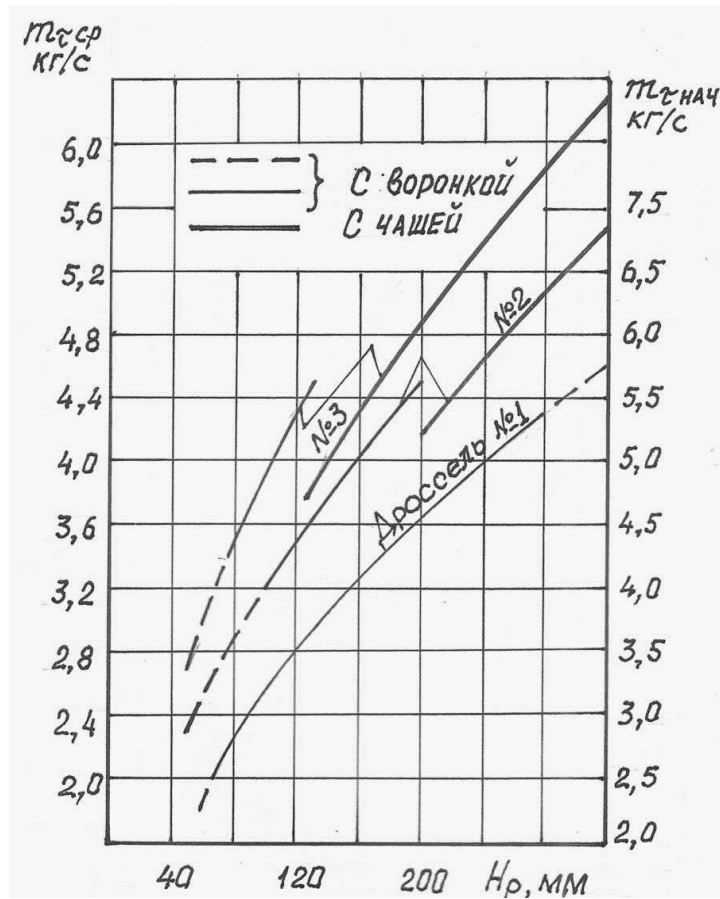
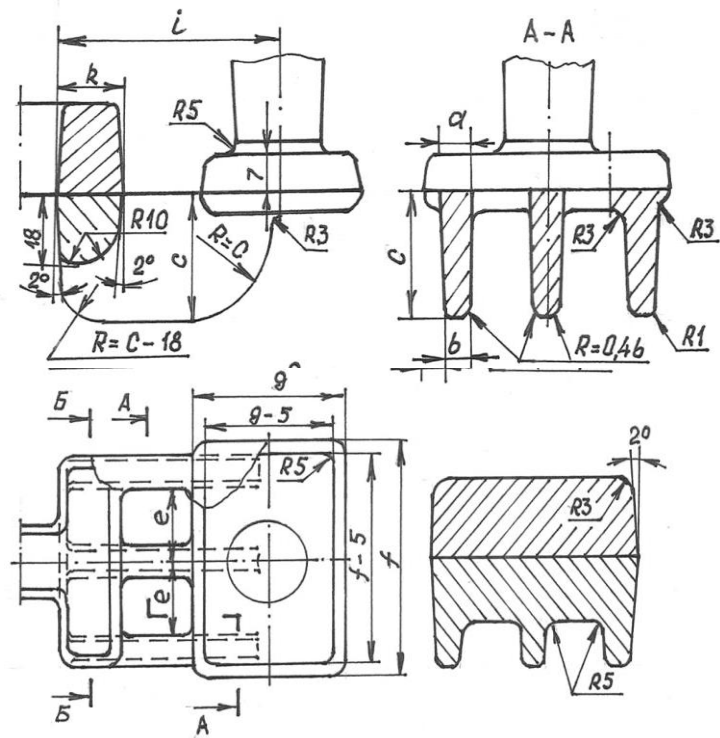


Рис. 3.3. Односторонний трехходовой дроссель

Таблица 3.3

Размеры односторонних трехходовых дросселей, мм

Номер дросселей	$\Sigma F_{др.}, \text{М}^2$	$a, ^{+0,2}$	$b^{+0,2}$	$c^{+0,2}$	e	f	g	i	k
1	515	10,0	9,5	17,6	25	76	46	62	20
2	700	10,0	9,2	24,3	35	96	50	62	20
3	855	10,0	9,0	30,0	35	96	50	62	20

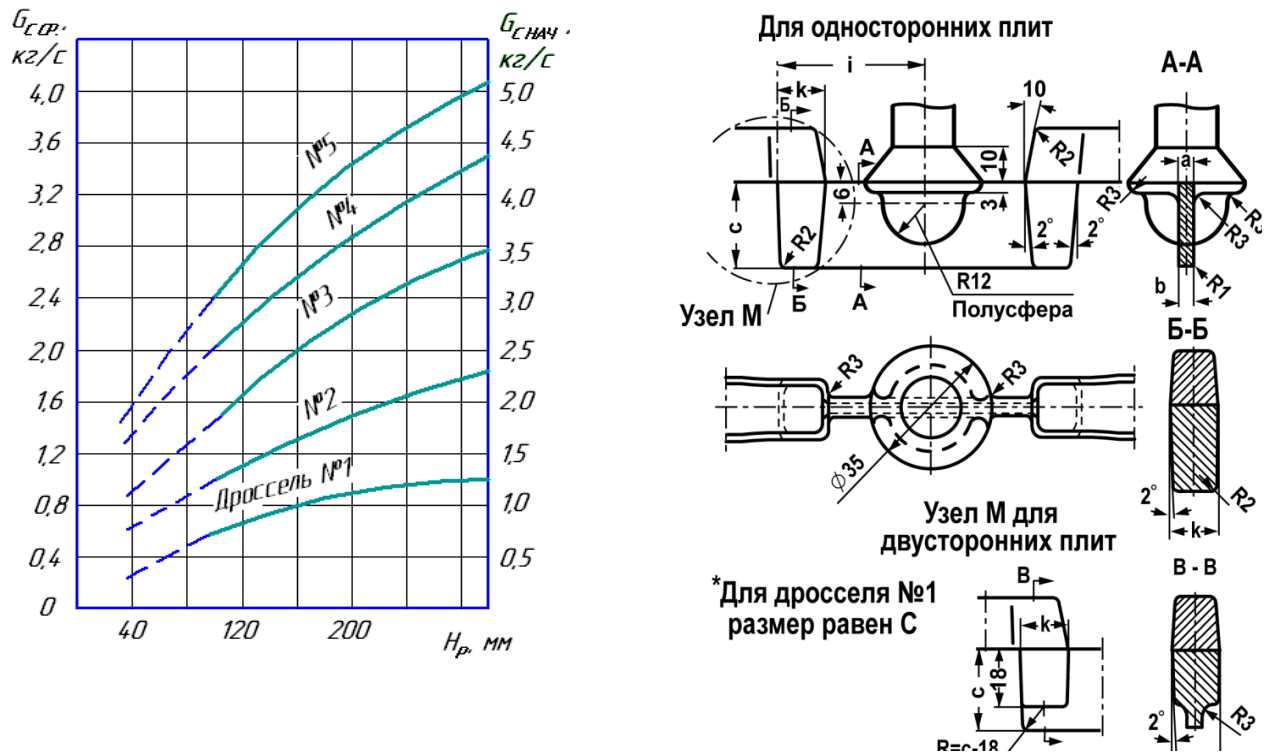


Рис.3.4. Двухсторонние одноходовые дроссели

Таблица 3.4

Размеры двухсторонних одноходовых дросселей, мм

Номер дросселей	$F_{др.}, \text{мм}^2$	$a, ^{+0,2}$	$b^{+0,2}$	$c^{+0,2}$	i	k
1	100	4,5	4,1	11,6	45	15
2	200	4,5	3,6	24,6	45	15
3	300	5,5	4,5	30,0	45	15
4	400	7,0	6,0	30,8	48	18
5	500	9,0	8,0	29,4	50	18

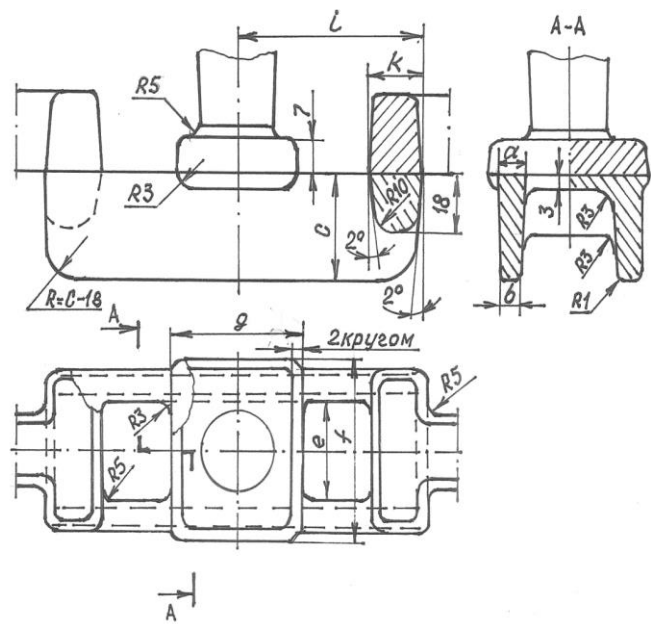
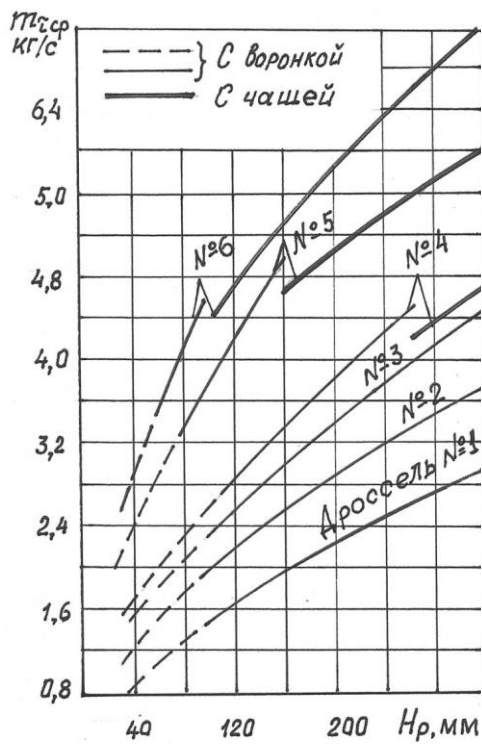


Рис. 3.5. Двухсторонние двухходовые дроссели

Таблица 3.5

Размеры двухсторонних двухходовых дросселей, мм

Номер дросселей	$\Sigma F_{др.}, \text{мм}^2$	$a,^{+0,2}$	$b^{+0,2}$	$c^{+0,2}$	e	f	g	i	k
1	300	4,5	3,9	18,0	30	46	46	55	5
2	400	4,5	3,6	24,6	40	56	46	55	15
3	500	5,5	4,6	24,6	40	56	46	55	15
4	600	5,5	4,5	30,0	40	56	56	60	15
5	800	7,0	6,0	30,8	40	60	56	65	20
6	1000	7,0	8,0	29,4	40	64	56	65	20

Массовый расход металла можно определить из выражения или по графику, представленному на рис. 3.7.

$$m_{\tau, ср.} = \frac{G}{\tau}, \text{ кг/с} \quad (3.1)$$

где G – масса отливок в форме, кг; τ – продолжительность заливки, с.

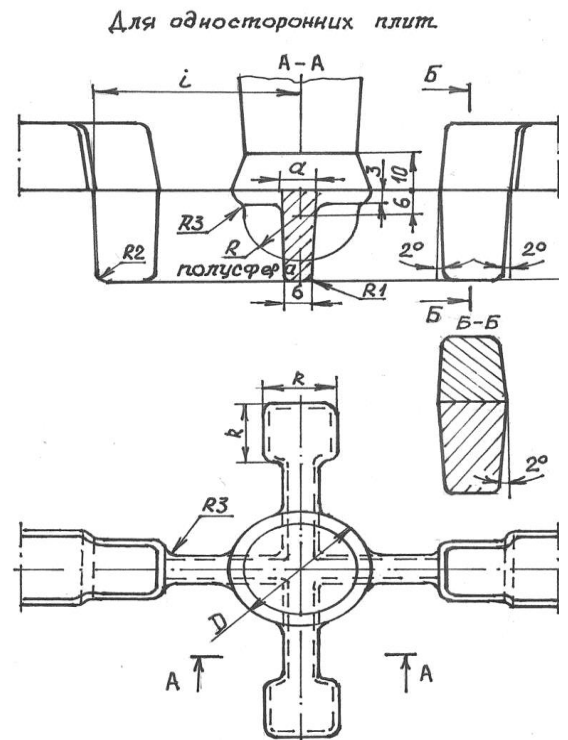
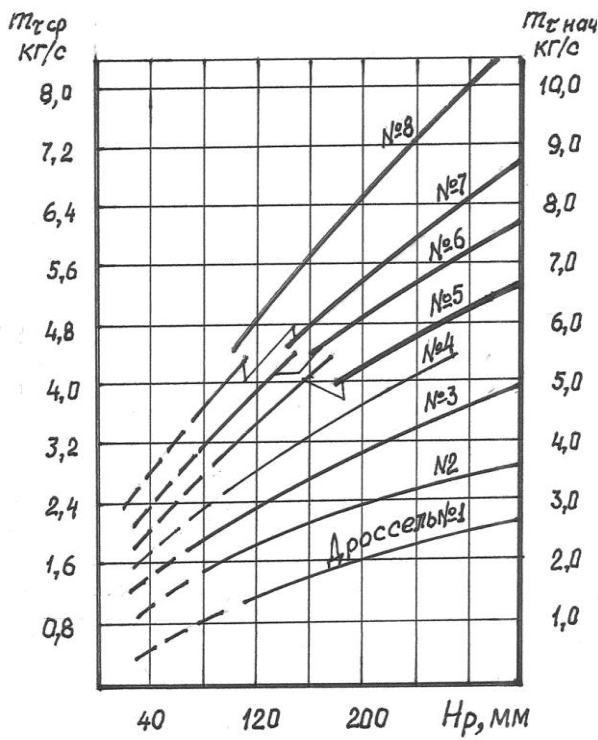


Рис. 3.6. Крестообразные дроссели

Таблица 3.6

Размеры крестообразных дросселей, мм

Номер дросселей	$\Sigma F_{др.},$ мм ²	$a,^{+0,2}$	$b^{+0,2}$	$c^{+0,2}$	D	i	k	R
1	200	4,5	4,1	11,6	35	45	15	12,0
2	300	4,5	3,9	18,0	35	45	15	12,0
3	400	4,5	4,0	24,6	35	45	15	12,0
4	500	5,5	4,6	24,6	40	50	15	15,0
5	600	5,5	4,5	30,0	40	50	15	15,0
6	680	7,0	6,1	26,0	45	55	18	17,5
7	800	7,0	6,0	30,8	45	55	18	17,5
8	1000	9,0	8,0	29,4	50	60	18	20,0

Продолжительность заливки (τ) определяется по формулам (2.2) или (2.3).

3. Определяется начальный расход ($m_{т нач.}$) по формуле

$$m_{т нач.} = K \cdot m_{т ср.} \quad (3.2)$$

где K – коэффициент, учитывающий геометрические размеры формы.

Коэффициент K определяется по графику, представленному на рис.3.8 или по формуле (3.3)

$$\frac{m_{\text{нач}}}{m_{\text{ср}}} = 1 + \frac{P}{C} \cdot \frac{2}{1 + \sqrt{1 - \frac{P}{H}}}, \quad (3.3)$$

$$m_{\text{нач.}} = K \cdot m_{\text{ср.}}$$

Для определения коэффициента K необходимо рассчитывать отношения P/C и P/H . После этого на оси абсцисс откладывается значение отношения P/C и из этой точки проводится перпендикуляр до линии, соответствующей отношению P/H . От точки пересечения проводится горизонталь до пересечения с осью ординат, где указано значение коэффициента K .

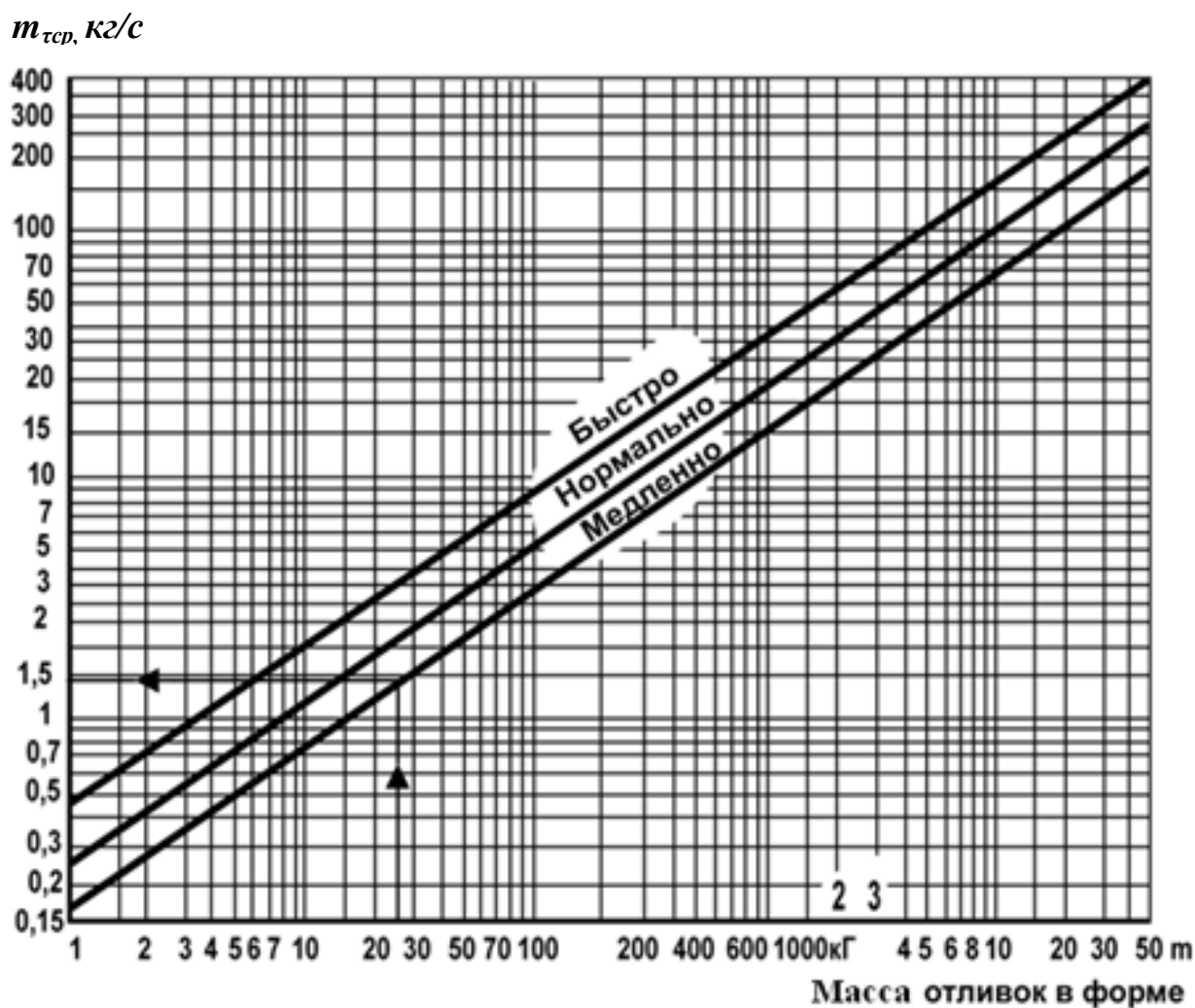


Рис.3.7. Определение среднего массового расхода расплава

4. По значению $m_{\text{нач}}$ выбираем номер и размеры литниковой воронки при $m_{\text{нач}} \leq 5$ кг/с (табл.2.2), размеры формуемой чаши (рис. 2.2, табл.2.3) или чаши-нарощалки (рис.2.3, табл. 2.4) при $m_{\text{нач}} \leq 10$ кг/с, при $m_{\text{нач}} \leq 50$ кг/с выбирают чаши-нарощалки с перегородкой (рис. 1.4, табл.2.5).

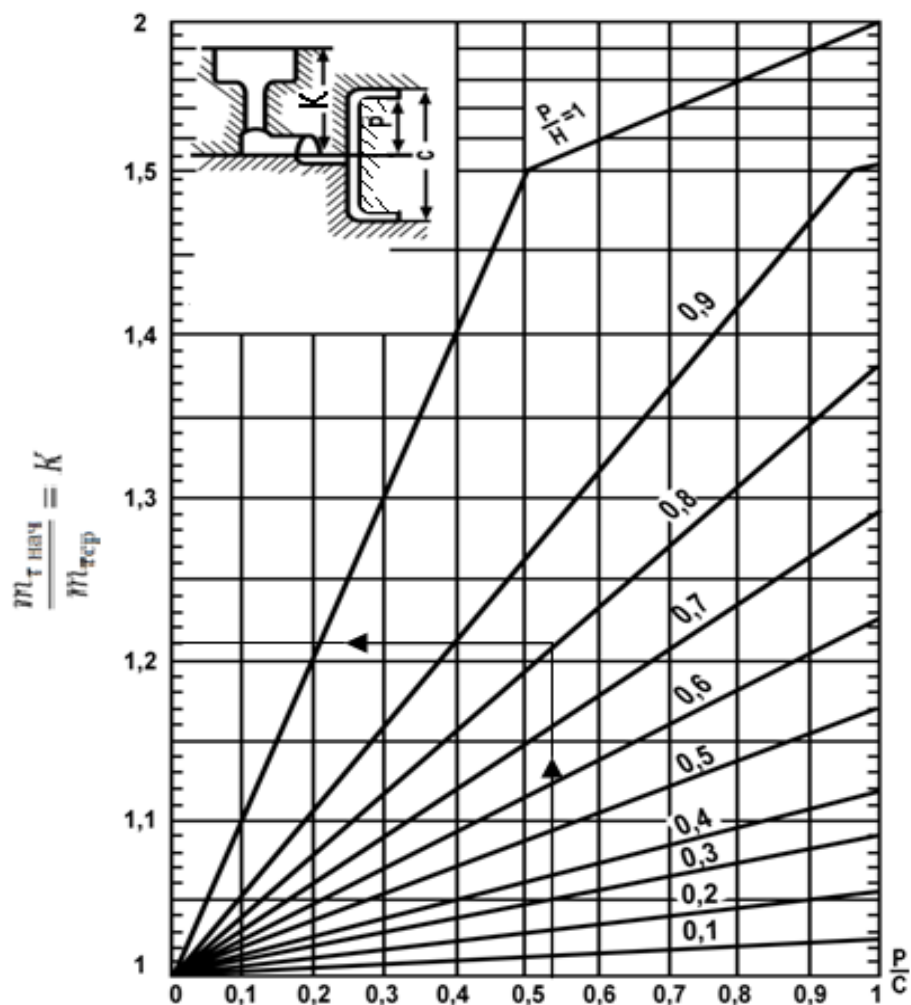


Рис.3.8. График для определения коэффициента K

5. Определяется площадь сечения шлакоуловителя. На оси ординат (рис.3.9) откладывают значение $m_{\text{нач}}$ и проводят горизонталь до пересечения с линией шлакоуловителя. От точки пересечения опускают вертикаль через ось абсцисс до нижней кривой. От точки пересечения вертикали с нижней кривой проводят горизонталь влево до пересечения с линией шлакоуловителя. От точки пересечения вертикали с нижней кривой проводят горизонталь влево до оси ординат, на которой отложены размеры нижнего основания шлакоуловителя, а остальные размеры трапеции определяются по эскизу, расположенного на нижнем графике (Рис. 3.9). Площадь сечения шлакоуловителя находится на оси абсцисс в месте пересечения с вертикалью. Площадь сечения одной ветви шлакоуловителя не рекомендуется делать меньше 200 мм^2 .

6. Определяется суммарная площадь питателей. Используя рис.3.9 и горизонталью, проведенной ранее, выбирают одну из трех кривых (1, 2, 3), соответствующую выбранной конструкции питателя и опускают перпендикуляр до пересечения с осью абсцисс.

Эта точка соответствует значению суммарной площади питателей, присоединенных к шлакоуловителю или его ветви. Количество питателей и площадь сечения каждого из них обусловлены расположением моделей и особенностями конструкции отливок. Высота питателей не должна быть больше 1/5 высоты шлакоуловителя во избежание засасывания шлака в полость формы.

7. Определяют расчетный статистический напор ($H_{расч.}$)

$$H_{расч.} = H_0 - h_n \quad (3.4)$$

где H_0 – высота стояка от уровня металла в литниковой воронке или чаше до места подвода расплава металла в форму, мм;

h_n – пьезометрический напор перед первым питателем, мм.

Пьезометрический напор находится по нижнему графику (рис. 3.9) на правой оси ординат.

8. По требуемому начальному расходу ($m_{т нач.}$), напору ($H_{расч.}$) и выбранному типу дросселя определяют номер дросселя и его размеры. Для этого на оси абсцисс (рис. 3.1–3.6) находят значение ($H_{расч.}$), а на оси ординат – массовый расход ($m_{т нач.}$). Пересечение координат дает точку, лежащую на одной из кривой или между ними. По кривой, расположенной ближе к найденной точке, определяют номер дросселя и по этому номеру в табл. 3.1–3.6 (рис. 3.1–3.6) находят его размеры.

Если пересечение координат дает точку, отстоящую по вертикали далеко от кривых табличных дросселей, то берут ближайший большой дроссель, а его высоту (C) пересчитывают по формуле:

$$C' = C \frac{m'_{т нач.}}{m_{т нач.}} \quad (3.5)$$

где C' – высота пера нужного дросселя, мм;

C – высота пера табличного дросселя, мм;

$m_{т нач.}$ – желаемый массовый расход при напоре $H_{расч.}$;

$m'_{т нач.}$ – массовый расход табличного дросселя при том же напоре $H_{расч.}$.

9. После определения номера дросселя и его площади, проверяется площадь стояка, которая в самом узком месте должна быть больше площади дросселя. Увеличение диаметра стояка по сравнению с табличным не требует изменения остальных размеров литниковой системы, так как расход остается расчетным и регламентируется дросселем.

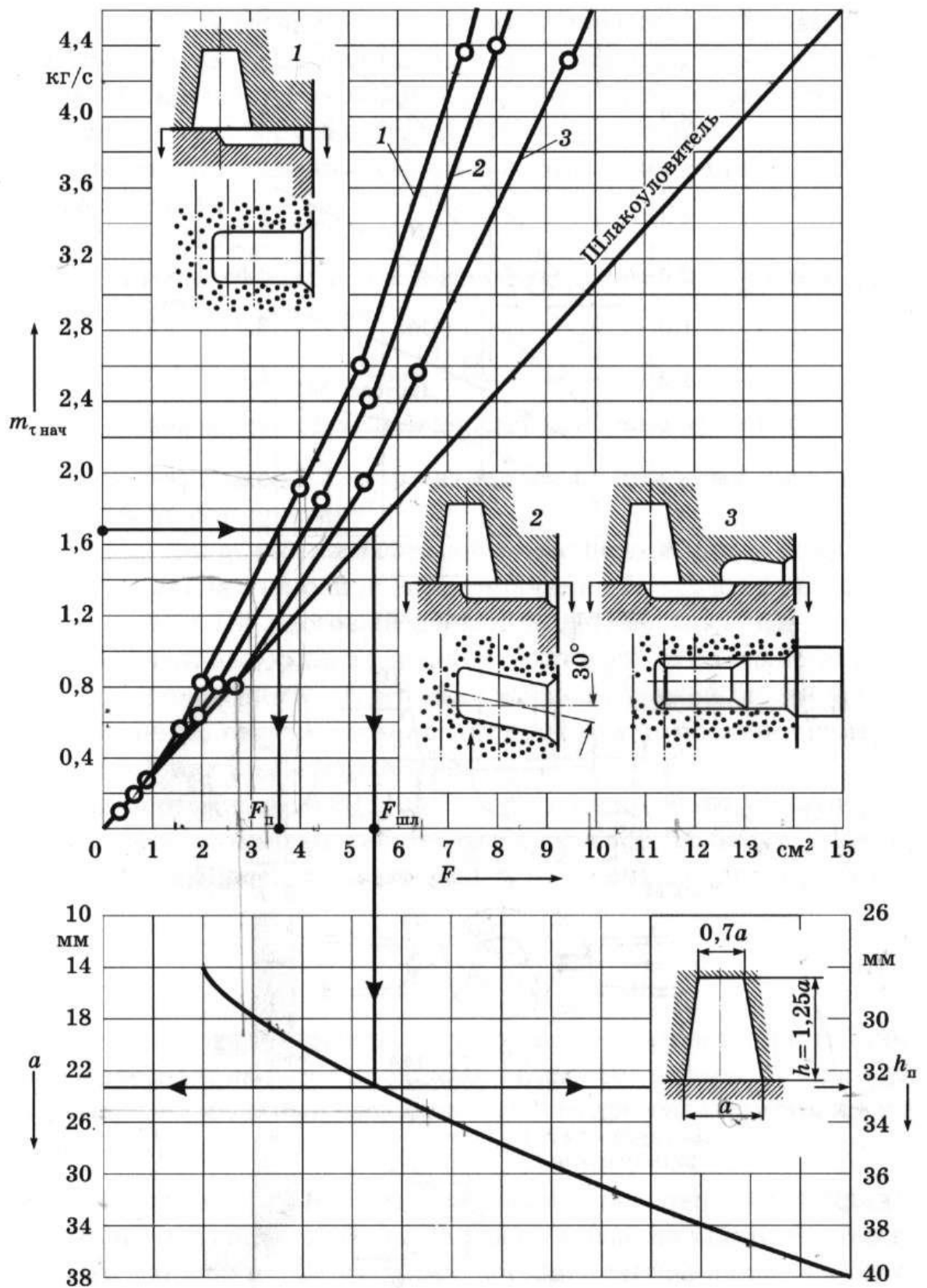


Рис.3.9. Графики для определения суммарной площади сечения шлакоуловителя и питателя

4. Методика расчета форм с вертикальной плоскостью разъема

Расчет вертикальных напорных литниковых систем для автоматических формовочных линий с вертикальной плоскостью разъема сводится к определению площади сечения питателя, подводных литниковых каналов и выбору номера и размеров литниковой чаши [2]. Площадь сечения питателя (F_n) находится по формуле

$$F_n = \frac{1036 \cdot G}{t \cdot m \sqrt{H_{расч.}}} \quad (4.1)$$

где G – масса отливки, кг;

t – время заполнения одной полости формы расплавом, с;

m – коэффициент трения;

$H_{расч.}$ – высота ферростатического давления, мм.

Время наполнения полости формы (t) необходимо выбирать на 4 с короче цикла работы формовочной машины, чтобы не задерживать процесс формообразования. Продолжительность цикла зависит от типа машины, производительности, толщины формы и наличия стержней. Толщина формы, в свою очередь, зависит от максимальных высот моделей на плитах давления и противодействия и минимальной толщины слоя формовочной смеси между моделями, которая берется равной 70 мм (рис. 4.1) и определяется из выражения

$$h_\phi = h_1 + h_2 + 70 \quad (4.2)$$

где h_1 – максимальная высота модели на плите давления, мм;

h_2 – максимальная высота модели на плите противодействия, мм.

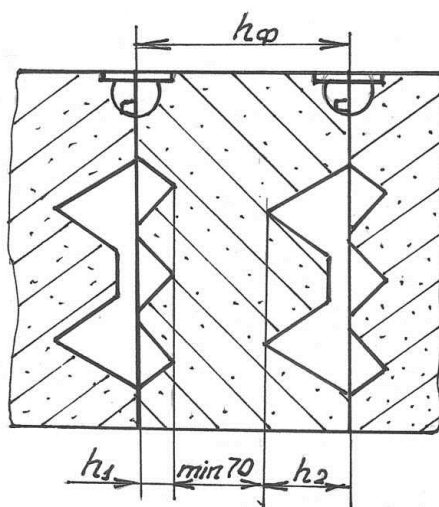


Рис.4.1 Схема к определению толщины формы

Значения G , h_1 и h_2 выбираются на основании литейно-модельных указаний, нанесенных на чертеж детали.

Максимальная производительность для автоматических линий Дисаматик 2013МК5-А и 2013МК5-Б с размерами формы: шириной 600 и 650 мм, высотой 480 и 535 мм соответственно, представлены в таблицах 4.1, 4.2.

Таблица 4.1

Максимальная производительность линии 2013МК5-А
в зависимости от толщины формы и наличия стержней

Толщина формы, мм	120	150	200	250	300	330
Производительность, форм/ч отливки без стержней	370	370	370	365	350	330
Производительность, форм/ч отливки со стержнями	355	355	355	348	333	317

Таблица 4.2

Максимальная производительность линии 2013МК5-Б
в зависимости от толщины формы и наличия стержней

Толщина формы, мм	120	150	200	250	300	350
Производительность, форм/ч отливки без стержней	350	350	350	335	323	308
Производительность, форм/ч отливки со стержнями	330	330	330	319	307	295

На основании значений максимальной производительности определяем продолжительность цикла изготовления формы на указанных выше автоматических линиях по таблицам 4.3 и 4.4.

Коэффициент потерь (m) зависит от геометрии литниковой системы, газового давления в полости формы и рекомендуется выбирать при толщине питателя до 3 мм – 0,4; 4 мм – 0,5 и 5 мм – 0,6.

Таблица 4.3

Продолжительность цикла формовочной машины Дисаматик 2013МК5-А

Производи- тельность, форм/час	220	240	260	280	300	320	340	360
Продолжи- тельность цикла, с	16,3	15,0	13,8	12,8	12,0	11,2	10,6	10,0

Таблица 4.4

Продолжительность цикла формовочной машины Дисаматик 2013МК5-Б

Производи- тельность, форм/час	220	240	260	280	300	320	330
Продолжи- тельность цикла, с	16,4	15,0	13,9	13,0	12,0	11,3	10,9

Величина ферростатического давления металла в литниковой системе (H_p) зависит от расположения питателей от уровня металла в литниковой чаше. Для определения (H_p), составляется эскиз расположения моделей на подмодельных плитах (рис. 4.2). Минимально–необходимые толщины формовочной смеси на верхней, нижней и боковых кромках формы, выбираются в зависимости от толщины стенок отливки и тотальной высоты модели и выбираются по таблице 4.5.

После нахождения площадей питателей (F_n) определяются площади сечений литниковых ходов ($F_{л.х.}$)

$$F_{л.х.} = \sum F_n \cdot 1,2 \quad (4.3)$$

где $\sum F_n$ – сумма площадей питателей, отходящих от литникового хода. Для приведенной схемы (рис.4.2), площадь сечения литникового хода 1

$$F_{л.х.}^1 = (2F_1 + 2F_2 + 2F_3) \cdot 1,2$$

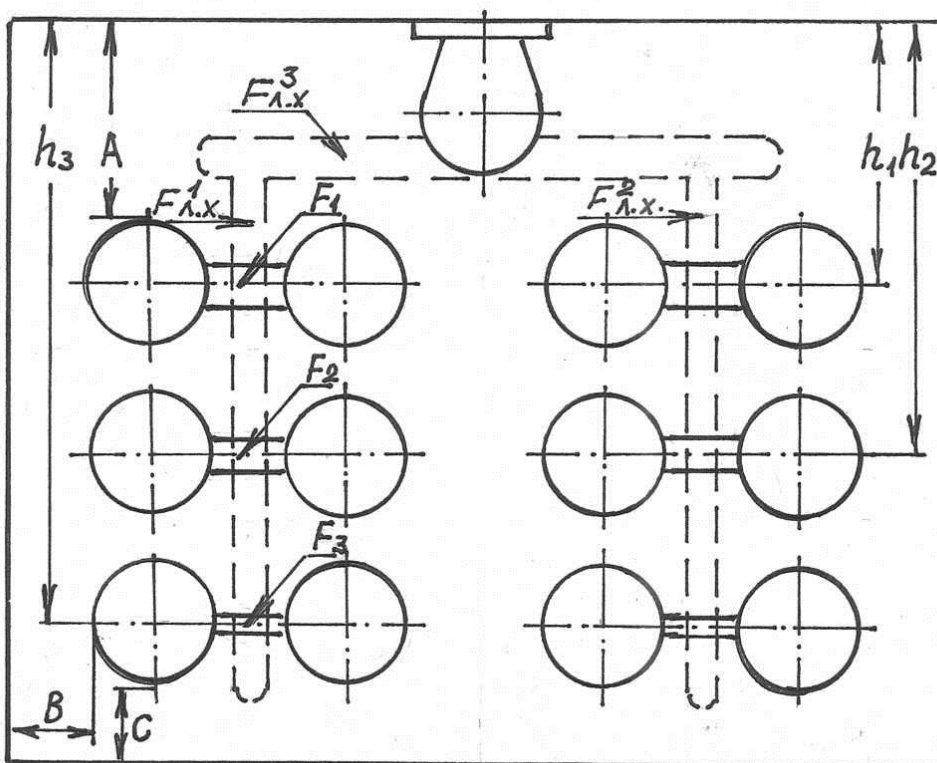


Рис.4.2. Схема расположения моделей на подмодельной плите

Таблица 4.5

Значения минимальных толщин формовочной смеси

Толщина стенки отливки, мм	Тотальная высота модели, мм	Верхняя кромка А, мм	Боковая кромка В, мм	Нижняя кромка С, мм
1	2	3	4	5
0-15	0-50	70	30	30
	50-100		40	40
	100-150		50	50
	150-200		60	60
	200-250		70	70
	250-300		80	80
15-25	0-50	70	60	50
	50-100		70	60
	100-150		80	70
	150-200		90	80
	200-250		100	90
	250-300		110	100

Поскольку литниковый ход 1 и 2 питают одинаковое количество отливок, то их площади будут равны.

Литниковые ходы 1 и 2 можно делать ступенчатыми (рис.4.3 а), или коническими (рис.4.4 б), постепенно уменьшая их сечение по мере снижения количества питаемых отливок. Уменьшение сечения литникового хода может осуществляться за счет изменения его высоты при одинаковом размере нижнего основания (рис.4.3 а) или меняются размеры всех сечений с сохранением отношений нижнего, верхнего оснований и высоты (рис.4.3 б). Такая конструкция вертикальных литниковых ходов будет позволять создавать давление в подводящем канале и сокращать время наращивания ферростатического напора путем уменьшения времени, необходимого для заполнения металлом литниковой системы. Формы и размеры стандартных литниковых ходов представлены на рис. 4.4.

Площадь сечения литникового хода 3, который подводит металл к литниковому ходу 1, определяется путем увеличения площади литникового хода 1 ($F^I_{л.х.}$) на 20 %.

$$F^3_{л.х.} = F^I_{л.х.} \times 1,2$$

Литниковый ход имеет трапецеидальное сечение с размерами: верхнее основание – a , нижнее основание – $2 a$ и высота – $2 a$. Размер a определяется из выражения

$$\dot{a} = \sqrt{\frac{F}{3}}, \text{ мм} \quad (4.4)$$

По эскизу (рис. 4.2) находят длину питателей, литниковых ходов и определяют массу литниковой системы

$$G_{л.с.} = G_{пит} + G_{л.х.} + G_{л.ч} \quad (4.5)$$

где $G_{пит}$ – масса питателей, кг;

$G_{л.х.}$ - масса литниковых ходов, кг.;

$G_{л.ч}$ – масса литниковой чаши.

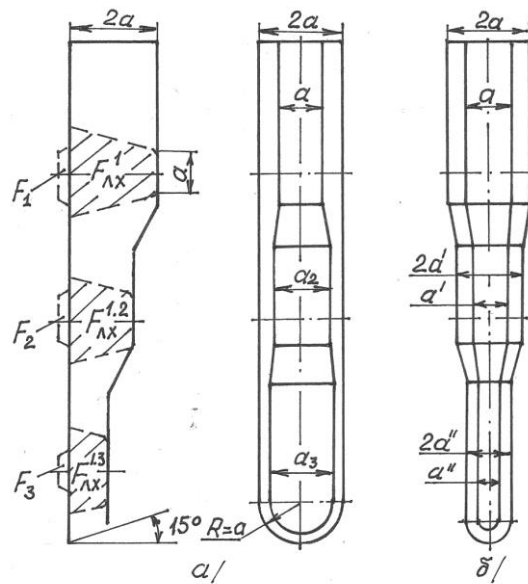
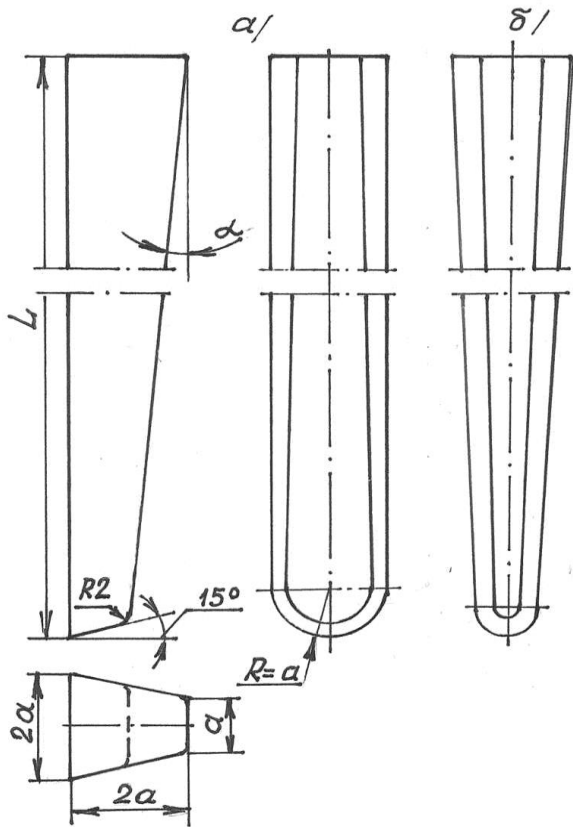


Рис. 4.3. Формы ступенчатого литникового хода:
 а – с постоянными размерами основания и переменной высотой;
 б – с постоянным отношением верхнего и нижнего основания



№	a , мм	F , мм ²
1	5	75
2	6	108
3	7	147
4	8	192
5	9	243
6	10	300
7	11	363
8	12	432
9	13	507
10	14	588
11	15	675
12	16	768
13	17	867
14	18	972
15	19	1063
16	20	1200

Рис.4.4. Формы и размеры конического литникового хода:
 а – с постоянным размером основания;
 б – с постоянным отношением верхнего и нижнего основания

Масса питателей и литникового хода определяется как произведение их площади на длину и на плотность заливаемого сплава.

Определяется массовая скорость заливки металла в форму по формуле

$$m_{\tau} = \frac{G_{\phi}}{\tau}, \quad (4.6)$$

где G_{ϕ} – масса металла в форме.

По таблице 4.6 выбирается номер и размеры литниковой чаши. Чертеж литниковой чаши показан на рис.4.5.

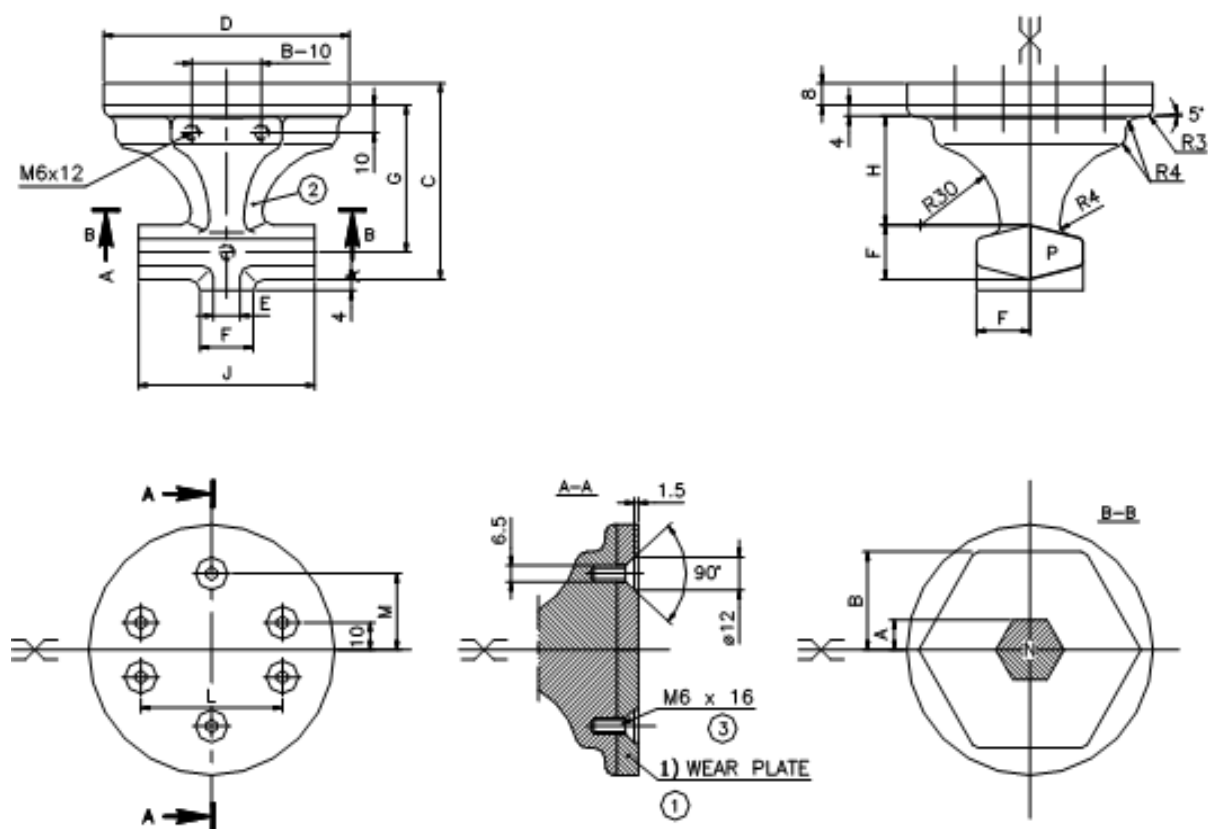


Рис.4.5. Литниковая чаша

Таблица 4.6

Выбор литниковой чаши

Конфигурация чаш															
Чаша №	Размеры, мм										Площадь N, мм ²	P, мм ²	Скорость заливки, кг/с	Масса, кг	Эффективность
	A	B	C	D	E	F	G Размеры литниковых чаш	H	J	K					
1	8	33	66	86	8	16	50	58	46	25	221	192	1	1	1,0
2	11	36	72	92	10	20	54	66	53	28	419	300	2	1,6	1,3
3	14	39	78	98	12	24	58	74	60	31	678	432	3	2,0	1,5
4	17	42	84	104	14	28	62	82	67	34	1000	588	4	2,7	1,5
5	20	45	92	110	16	32	68	90	74	37	1384	768	5	3,3	1,5
6	23	48	100	116	18	36	74	98	81	40	1830	972	6	4,2	1,4
7	26	51	108	122	20	40	80	104	86	42	2163	1200	7	4,9	1,4
8	29	54	116	128	22	44	86	112	91	45	2811	1452	8	5,6	1,4
9	32	57	124	134	24	48	92	120	96	48	3422	1728	9	6,4	1,4
10	35	60	132	140	26	52	98	128	101	50	4094	2028	10	7,0	1,4

5. Расчет груза

Для предупреждения подъема верхней полуформы при заливке и уходе металла из полости формы по плоскости разъема, производят скрепление полуформ с помощью грузов, болтов, скоб, штырей с клиньями и струбцин. Расчет массы груза для форм без стержней производят по формуле

$$P \geq k \left[H(F_{отл} + F_{л.с.})\rho_m - G_{в.ф.} \right], \quad (5.1)$$

где P – давление расплава на верхнюю полуформу, кг;

k – коэффициент запаса, учитывающий гидравлический удар, $k = 2-4$, большее значение берется при больших скоростях заливки крупных отливок, а меньшее – при малых скоростях и мелких отливок;

H – высота верхней полуформы, м;

$F_{отл.}$ – горизонтальная проекция отливки в плоскости разъема, м²;

$F_{л.с.}$ – горизонтальная площадь проекции литниковой системы в плоскости разъема, м²;

ρ_m – плотность расплава, кг/м³;

$G_{в.ф.}$ – масса верхней полуформы, кг.

Наличие в плоскости формы стержней увеличивает давление на верхнюю полуформу за счет стремления менее плотного стержня всплыть в более плотной среде расплава.

При наличии в форме стержней расчет груза производят по формуле:

$$P \geq k \left[H(F_{отл} + F_{л.с.})\rho_m + (\rho_m - \rho_{ст})V_{ст} - G_{в.ф.} \right], \quad (5.2)$$

где $\rho_{ст}$ – плотность стержня, кг/м³;

$V_{ст}$ – объем стержня без знаковых частей, м³.

6. Выбор типа и конструкции прибылей

Прибыль – это полость формы, наполненная расплавленным металлом и соединенная с отливкой таким образом, что она может питать жидким металлом отливку при ее усадке во время затвердевания.

Прибыль должна питать ту часть отливки, которая затвердевает последней и поэтому ее располагают как можно ближе к этой части. Объем прибыли должен быть достаточным, чтобы содержать необходимое количество металла для компенсации усадки отливки. Форма прибыли

должна обеспечивать бесперебойную подачу расплавленного металла в охлаждающую отливку.

Конструкция элемента соединения прибыли с питаемым узлом должна гарантировать, что соединение будет открытым до полного затвердевания отливки.

На отливках, как правило, устанавливают прибыли прямого действия. При этом предпочтительнее закрытые прибыли, работающие под атмосферным давлением. Прибыли прямого действия при прочих равных условиях питают отливку под большим металлостатическим напором. Закрытые прибыли более технологичны при формовке и имеют меньшие потери тепла через верхнюю поверхность, чем открытые. Такие прибыли всегда заполнены жидким металлом одинаково, независимо от условий заливки. Использование атмосферного давления в работе прибыли является наиболее дешевым и эффективным способом увеличения движущей силы питания.

Открытые прибыли необходимо применять при изготовлении крупных отливок, когда предусматривается доливка жидкого металла в прибыль после заполнения формы или засыпка поверхности расплава в прибыль экзотермическими смесями. Кроме того, такие прибыли используют при недостаточной высоте опоки.

Отводные прибыли, которые сочленяются с тепловыми узлами отливок через горизонтальные или наклонные шейки, следует применять в случае, если установка верхних прибылей прямого действия на питаемых частях отливок невозможна. Они предпочтительнее в качестве групповых, когда одна отводная прибыль обеспечивает питание нескольких отливок или тепловых центров.

Прибыли, работающие под газовым давлением, которое обеспечивается специальным патроном, применяют при изготовлении мелких и средних отливок, подвергаемых гидравлическим испытаниям. Их также используют при необходимости питания отливок со стенками большой протяженности, поскольку обеспечивают увеличение дистанции действия прибыли в 1,5 раза.

Закрытые прибыли, работающие под воздушным давлением, которое осуществляется с помощью передачи его через керамическую вставку от компрессора, применяются при изготовлении крупных ответственных отливок. Действие избыточного воздушного давления увеличивает радиус действия прибыли в два раза и позволяет получать отливки с минимальной пористостью.

Легкоотделяемые прибыли применяют при изготовлении отливок из высоколегированных сталей, плохо поддающихся огневой резке. Их также применяют при вынужденной установке прибылей на необрабатываемых поверхностях отливок.

Обогреваемые и теплоизолированные прибыли рекомендуется применять при большом расходе металла на питание отливок и обусловленном этим

низком выходе годного литья. Их применение экономически выгодно при производстве отливок из легированных сталей. За счет использования вкладышей из экзотермических смесей удастся снизить расход металла на прибыли в 2–4 раза и увеличить выход годного при стальном литье с 50–65 до 75–85%. Прибыли диаметром до 400 мм рациональнее выполнять обогреваемыми, а для больших размеров – теплоизолированными.

Самой выгодной формой прибыли является цилиндрическая. Поэтому такие прибыли используют чаще всего, устанавливая на отливках типа шара, цилиндра (расположенного вертикально), плиты (расположенной горизонтально), колеса, диски и т.п. При этом открытые прибыли выполняют с сужением профиля к поверхности отливки, а закрытые – имеют обратную конусность.

Широкое применение получили также призматические прибыли. Прибыли в виде плоской призмы устанавливают на отливки типа плиты (расположенной вертикально), бруса. Прибыли в виде квадратной призмы размещают на отливках, имеющих конфигурацию куба. Прибыли в виде овальной призмы выполняют на отливках типа плиты (расположенной горизонтально) и бруса. Прибыли в виде чечевицеобразной или кольцевой призмы устанавливают соответственно на отливках типа колес или полых цилиндров (расположенных вертикально). Закрытые прибыли, как правило, выполняют не с плоской, а с закругленной верхней поверхностью.

Прибыли, по возможности, устанавливаются на верхних поверхностях отливок, подвергающихся дальнейшей механической обработке.

При наличии в отливках явных тепловых узлов последние и служат местами установки прибылей. Причем количество устанавливаемых прибылей совпадает с количеством тепловых узлов. Число их может быть сокращено за счет применения холодильников.

Отливки типа плит, брусьев, колес и втулок не имеют явных тепловых центров, поэтому количество прибылей определяют, исходя из минимально необходимого их количества с учетом зоны действия прибыли, влияние на нее торцевого эффекта, холодильника.

В таблице 6.1 приведены расчетные формулы для определения радиуса действия прибыли (r_{np}) и длины торцевой зоны (L_{np}).

Для примера определим количество прибылей, необходимых для обеспечения качественного питания стальной отливки «шайба» (рис.6.1) с наружным и внутренним диаметрами соответственно 1000 и 600 мм и высотой 150 мм.

Если развернуть шайбу, то получим брус сечением 200×150 мм. Поэтому зону действия прибыли находим как для бруса (табл. 6.1) $2r_{\text{ш}} = (2 - 2,8)\delta_0$.

$$2r_{\text{ш}} = 2,4 \cdot 150 = 360 \text{ мм}$$

Периметр по оси шайбы составляет

$$D = \pi \cdot 2r_0 = 3,14 \cdot (1000 + 600) / 2 = 2512 \text{ мм} .$$

Таблица 6.1

Расчетные формулы для определения L_{np} и r_{np}

Схема расположения прибылей	Углеродистые сплавы	Алюминиевые сплавы	Латуни	Алюминиевые бронзы
	Отливка типа плита			
	$L_{i\delta} = (4,5 - 6,5)\delta_0$ $2r_{i\delta} = (4 - 6)\delta_0$	$L_{i\delta} = (5,5 - 6,5)\delta_0$ $2r_{i\delta} = (5 - 6)\delta_0$		$L_{np} \leq 4\delta_0$
	Отливка типа брус			
	$L_{i\delta} = (40 - 44)\sqrt{D}$ $2r_{i\delta} = (2 - 2,8)\delta_0$	$L_{i\delta} \leq 6,8\delta_0$	$L_{i\delta} \leq 1,8D$	
	Отливка типа плита			
	$L_{i\delta} = (3,0 - 5,0)\delta_0$			
<p>1 – отливка, 2 – прибыль, 3 – наружный холодильник, 4 – внутренний холодильник</p>				

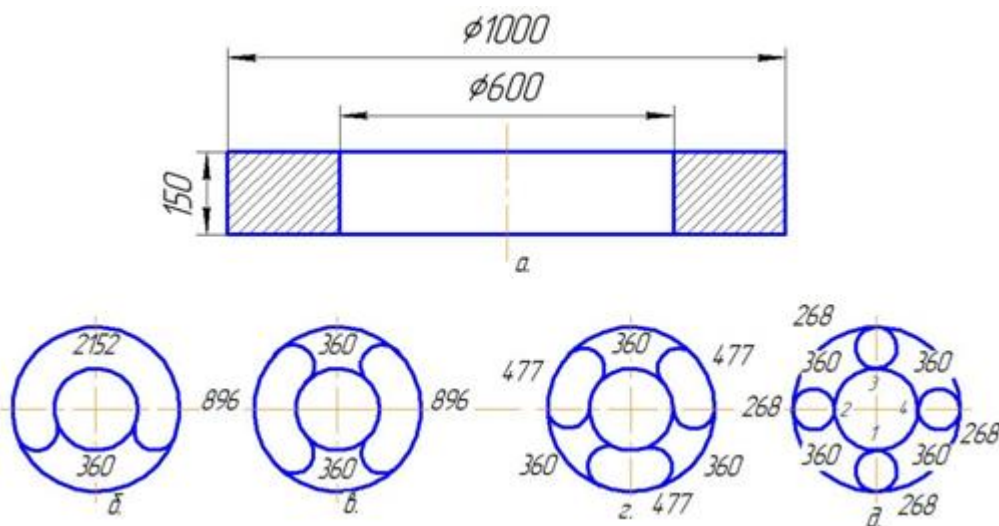


Рис.6.1. Отливка «шайба»

Прибыль на отливке устанавливаем на верхней ее торцевой поверхности. Рекомендуемая форма прибыли для отливок типа бруса – призма. При этом в соответствии с геометрией отливки прибыль должна иметь чечевицеобразное сечение.

Каждая такая прибыль имеет с обеих торцевых поверхностей зону питания протяженностью, равную двум дистанциям действия, т.е. 360 мм (рис. 6.1, б). Если на отливку установить одну прибыль (рис.6.1,б) то длина ее, чтобы обеспечить достаточные условия питания, должна составить $L = 2512 - 360 = 2152$ мм. Длина прибыли получилась сопоставимой с периметром отливки. Хотя отливка при этом не будет иметь усадочных дефектов, прибыль является крайне неэкономичной. При установке двух прибылей (рис.6.1,в) протяженность зоны питания увеличивается вдвое и длина прибыли должна составить не менее $L = (2512 - 2 \cdot 360) / 2 = 896$ мм. Такая прибыль также неэкономична, т.к. длина ее все еще намного превышает толщину отливки.

Если на отливке установить три прибыли, то минимальная длина каждой из них $L = (2512 - 3 \cdot 360) / 3 = 477$ мм, что превышает толщину отливки более двух раз. При установке четырех прибылей $L = (2512 - 4 \cdot 360) / 4 = 268$ мм. Это сопоставимо с толщиной отливки. Поэтому решение об установке на отливке четырех прибылей является наиболее оптимальным, поскольку общая протяженность прибылей составляет 1052 мм, что в два раза меньше, чем при установке одной прибыли – 2152 мм. В соответствии с этим вся отливка делится на четыре одинаковые зоны питания по количеству прибылей. В общем случае зоны питания могут быть неодинаковыми, следовательно, и размеры прибылей будут разными. Минимально необходимый объем прибыли и конкретные размеры отдельной прибыли определяются уже с учетом ее зоны питания.

Для определения объема прибылей и ее размеров можно использовать метод Пржбыла, который дает надежные результаты.

В основу метода положено задаваемое по данным практического опыта отношение объема прибыли (V_{np}) к объему возникающей в ней усадочной раковины (V_p)

$$\beta = \frac{V_{np}}{V_p} \quad (6.1)$$

Пренебрегая массопереносом из прибыли в отливку, имеем:

$$V_p = \varepsilon'_v (V_0 + V_{np}) \quad (6.2)$$

где V_0 – объем питаемого узла;

ε'_v – часть объемной усадки сплава, принимающая участие в формировании усадочной раковины.

Сопоставляя уравнения (6.1) и (6.2), получим:

$$V_{np} = \frac{\beta \varepsilon'_v}{1 - \beta \varepsilon'_v} V_0 \quad (6.3)$$

Порядок расчета размеров прибыли следующий:

1. Выделить в отливке узлы питания и рассчитать объем каждого из них (V_0).

2. Определить величину ε'_v . Для отливок из углеродистой стали и высокопрочного чугуна $\varepsilon'_v = 0,035-0,045$, для отливок из легированных сталей $\varepsilon'_v = 0,05$, для отливок из алюминиевых сплавов $\varepsilon'_v = 0,045-0,05$, для отливок из латуни $\varepsilon'_v = 0,065-0,075$ и для бронзы $\varepsilon'_v = 0,08-0,09$.

3. Выбрать тип и конфигурацию прибыли, на основании чего подобрать коэффициент β . При изготовлении отливок из стали и ВЧ рекомендуется: $\beta = 11-12$ – для прибылей с рабочим давлением ниже атмосферного; $\beta = 9-10$ – с атмосферным давлением; $\beta = 8-9$ – для изолированных прибылей и $\beta = 6-7$ – для обогреваемых β прибылей; $\beta = 3-4$ – для экзотермических прибылей.

4. По формуле (6.3) определить объем прибыли (V_{np}).

5. По V_{np} на основании табл.6.2 рассчитать высоту и диаметр прибыли.

При этом H_{np} должно удовлетворять следующим условиям:

а) для открытых прибылей

$$\frac{H_{np}}{D_{np}} \approx 1,7 - 2,0 \quad (6.4)$$

б) для закрытых прибылей, устанавливаемых на отливках из стали и высокопрочного чугуна, и для отливок из цветных сплавов

$$\frac{H_{np}}{D_{np}} \approx 1,25 - 1,5 \quad (6.5)$$

Размеры прямых питающих выпоров (рис.6.2) для чугунных отливок зависят от толщины тела отливки в месте сопряжения с выпором и определяются по табл.6.3.

Расчетные формулы для определения размеров основных видов
прибылей

Вид прибыли	Расчетная формула	Вид прибыли	Расчетная формула
Шаровая	$D = 1,243\sqrt[3]{V_{np}}$	Закрытая куполообразная прибыль с компактной формой горизонтального сечения	$H_{np} = \frac{V_{np} - 0,45 \cdot \pi R^2 b}{F}$ где $H_{np} + R$ не менее высоты питаемого узла
Закрытая куполообразная цилиндрическая	$H_{np} = \frac{V_{np}}{\pi \cdot R^2} - \frac{2}{3}R$ где $H_{np} + R$ не менее высоты питаемого узла	Открытая коническая прибыль с компактной формой горизонтального сечения	$H_{np} = \frac{V_{np}}{0,95F}$
Открытая цилиндрическая или коническая прибыль	$H_{np} = \frac{4V_{np}}{\pi \cdot D^2}$ $H_{np} = 0,9 \frac{4V_{np}}{\pi \cdot D^2}$		

Диаметр питающей бобышки можно определить по номограмме, учитывающей массу и толщину стенки отливки (рис.6.3), а площади шейки по табл.6.4.

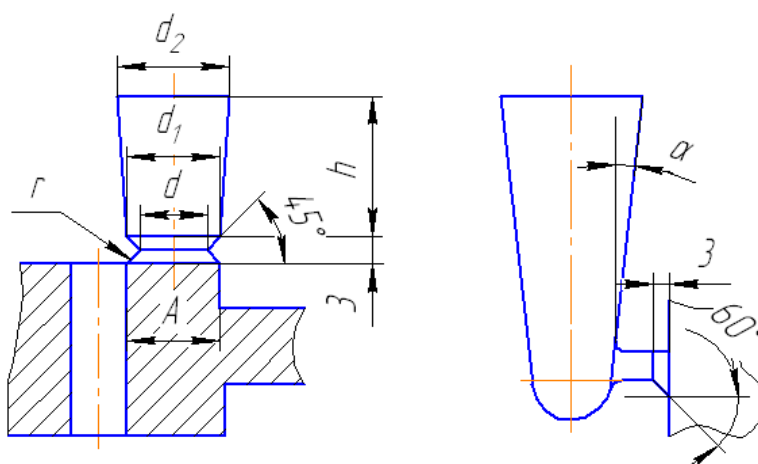


Рис 6.2. Конструкции питающих выпоров:
а – прямые; б – отводные

Размеры прямых питающих выпоров для чугунных отливок

Толщина тела отливки в месте сопряжения с питающим выпором A , мм	Размеры питающего выпора, мм				
	d	d_1	d_2	h не менее	r
20-25	20	25	30	60	2
50-55	50	60	80	130	3
75-80	75	90	120	200	4
100-105	100	120	170	250	5
125-130	125	150	200	300	5
150-155	150	180	240	400	5
175-180	175	210	280	450	6
200-205	200	235	320	500	6
225-230	225	270	360	550	6

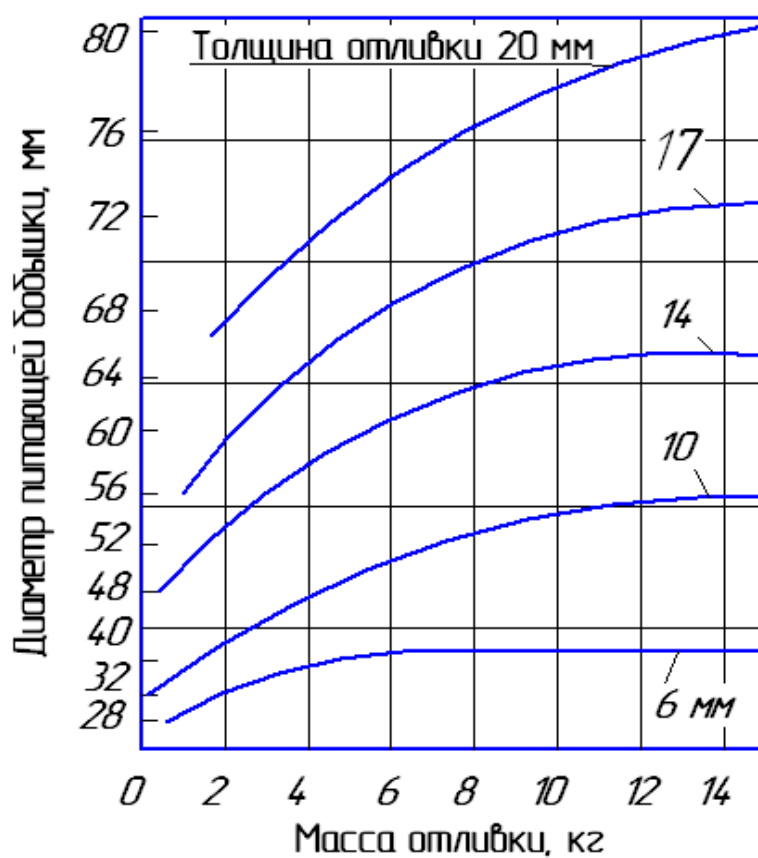


Рис.6.3. Номограмма для определения размеров бобышек для отливок из ковкого чугуна и стали

Значения площади сечения шейки бобышек для отливок из ковкого чугуна и стали

Радиус основания бобышки, R , мм	15,0	18,0	20,0	22,0	24,0	25,0	26,0	27,0	30,0
Площадь сечения шейки, см^2	1,5	2,4	3,3	4,2	4,8	5,6	6,0	6,4	7,2

В качестве примера рассчитаем объемы и размеры прибылей для отливки «шайба» (рис.6.1), изготавливаемой из стали 40Л. Ранее было определено, что наиболее оптимальным вариантом является установка четырех прибылей. Таким образом, каждая прибыль с учетом зоны действия питает четвертую часть отливки. Объем отливки рассчитываем как объем бруса, длина которого равна периметру по оси шайбы $P = 2\pi R = 3,14 \cdot (1,0 + 0,6) / 2 = 2,512$ м.

$$V_{бр} = 2,512 \cdot 0,2 \cdot 0,15 = 0,075 \text{ м}^3$$

$$V_0 = 0,075 / 4 = 0,02 \text{ м}^3.$$

Определяем часть объемной усадки сплава, принимающей участие в формировании усадочной раковины (ε'_v). Для отливок из углеродистой стали $\varepsilon'_v = 0,04$. Выбираем закрытую призматическую прибыль с компактной формой горизонтального сечения с рабочим давлением ниже атмосферного. Для таких прибылей отношение объема прибыли ($V_{пр}$) к объему возникающей в ней усадочной раковины (V_p) принимается равной $\beta = 11$.

По формуле (6.3) определяем объем прибыли ($V_{пр}$):

$$V_{пр} = \frac{\beta \varepsilon'_v}{1 - \beta \varepsilon'_v} v_0 = \frac{11 \cdot 0,04}{1 - 11 \cdot 0,04} \cdot 0,02 = 0,0157 \text{ м}^3.$$

Определяем размеры прибыли. Используя рекомендуемые для стального литья (формула 6.5) отношения высоты прибыли ($H_{пр}$) к диаметру ее основания ($D_{пр}$), принимаем его равным 1,25. Так как прибыль имеет форму призмы и устанавливается на верхнюю поверхность отливки, имеющей определенную ширину, то $D_{пр}$ берется меньше или равным ширине этой поверхности $D_{пр} = 0,2$ м.

$$\frac{H_{np}}{D_{np}} \approx 1,25 - 1,5 \quad H_{np} = 1,25 \cdot 0,2 = 0,25 \text{ м.}$$

Зная объем прибыли (V_{np}), ее высоту (H_{np}) и ширину (D_{np}) определим ее длину.

$$L = \frac{V_{np}}{H_{np} \cdot D_{np}} = \frac{0,0157}{0,25 \cdot 0,2} = 0,314 \text{ м.}$$

Таким образом, размеры устанавливаемых прибылей позволяют полностью перекрыть зоны их действия, что позволит получить отливку без образования усадочных дефектов.

Для форм с вертикальной плоскостью разреза наиболее эффективным является метод определения объема прибыли по модулю охлаждения термического узла отливки. Для определения узла отливки, который затвердевает в последнюю очередь необходимо знать интенсивность отвода тепла от всех частей отливки. С этой целью определяется модуль охлаждения (M_c) как отношение объема питаемого узла отливки (V_c) к площади ее охлаждаемой поверхности (A_c) (4.2) [2, с.39]:

$$M_c = \frac{V_c}{A_c} \quad (6.6)$$

где M_c – модуль отливки, см;

V_c – объем отливки, см³

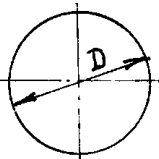
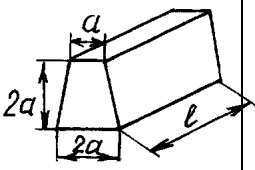
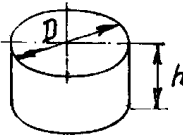
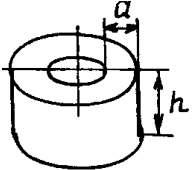
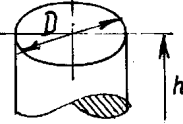
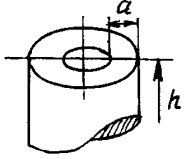
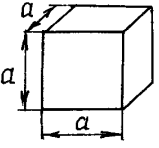
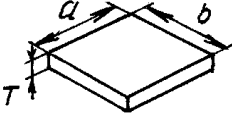
A_c – площадь охлаждаемой поверхности отливки, см².

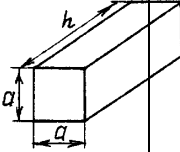
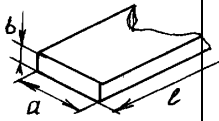
Объем и площадь охлаждаемой поверхности отливки можно определить с использованием программы Solid Works или расчетным путем, разбивая поверхность на элементарные участки.

В таблице 6.5 представлены формулы для расчета модуля охлаждения для питаемых узлов различной конструкции. Питаемый узел может быть аппроксимирован к одной или нескольким геометрическим формам, представленным в таблице, чтобы получить оценку величины модуля охлаждения.

Таблица 6.5

Формулы для расчета модуля охлаждения

Геометрическая форма	Модуль охлаждения M_R , см	Геометрическая форма	Модуль охлаждения M_R , см
1	2	3	4
Шар 	$\frac{D}{6}$	Брус с трапецидальным сечением 	$0,43a$
Цилиндр 	$\frac{Rh}{2(R+h)}$ или $\frac{Dh}{2(D+2h)}$	Кольцо 	$\frac{a \cdot h}{2(a+h)}$
Цилиндр с неопределенной высотой 	$\frac{D}{4}$	Кольцо с неопределенной высотой 	$\frac{a}{2}$
Куб 	$\frac{a}{6}$	Плита 	С неопределенной длиной (a) и шириной (b), с постоянными длиной (a) и шириной (b) $\frac{abT}{2(ab + aT + bT)}$

<p>Брус квадратно го сечения</p> 	$\frac{a \cdot h}{2(a + h)}$	<p>Брус прямоугольно го сечения</p> 	<p>с неопределенной длиной</p> $\frac{a \cdot b}{2(a + b)},$ <p>с постоянной длиной (l)</p> $\frac{abl}{2(ab + al + bl)}$
--	------------------------------	--	---

Для определения размеров прибыли необходимо найти модуль охлаждения прибыли (M_R). Модуль охлаждения прибыли зависит от модуля охлаждения питаемой части отливки, вида сплава и определяется как произведение модуля отливки и коэффициента критерия модуля. Модуль прибыли отливки который зависит от коэффициента критерия модуля K_M . определяем по выражению (6.7)

$$M_{R_{\square}} \geq K_M \cdot M_C, \quad (6.7)$$

где M_R – модуль прибыли, см;

M_C – модуль отливки, см;

K_M – коэффициент критерия модуля.

Значение коэффициента K_M зависит от марки заливаемого сплава и берется в следующих пределах:

0,6–1,0 для эвтектического серого чугуна;

1,8–1,1 для ферритного железа;

1,2–1,4 для ковкого чугуна;

1,2–1,4 для стали;

1,2–1,4 для медных сплавов;

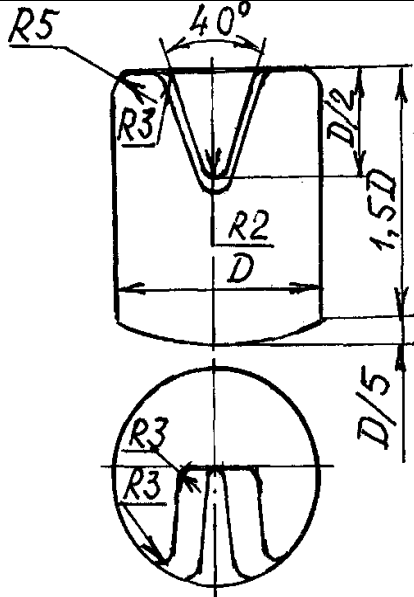
0,8 – 1,1 для алюминиевых сплавов.

Знак неравенства в формуле (6.4) указывает на то, что размеры прибыли должны быть всегда немного больше теоретического объема узла питания. Это обусловлено тем, что поверхностный слой прибыли затвердевает и не является объемом питания.

Фирма DISA разработала две стандартные формы прибыли: цилиндрическую и сферическую для форм с вертикальной плоскостью разреза (табл.6.6, 6.7). По значению M_F выбираем номер и определяем размеры прибыли.

Таблица 6.6

Стандартные цилиндрические прибыли

	№	Диаметр D_R , мм	Объем V_F , см ³	Модуль M_F , см
		1	20	9,4
	2	25	18,4	0,47
	3	30	31,8	0,56
	4	35	50,5	0,66
	5	40	75,4	0,75
	6	45	107,3	0,84
	7	50	147,3	0,94
	8	55	196,0	1,03
	9	60	254,5	1,13
	10	65	323,5	1,22
	11	70	404,0	1,31
	12	75	497,0	1,41
	13	80	603,0	1,50
	14	85	723,0	1,59
	15	90	859,0	1,69
	16	95	1010,0	1,78
	17	100	1178,0	1,89

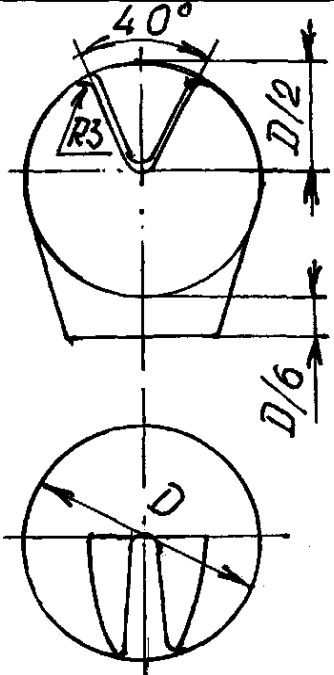
Прибыль соединяется с отливкой специальным каналом, который называется шейкой. Определение размеров шейки прибыли является одним из наиболее существенных вопросов питания отливки. Если шейка затвердеет раньше питаемого узла отливки, то поступление из прибыли дополнительного количества металла прекращается и в отливке образуются дефекты усадочного характера (раковины, пористость, утяжины и др.).

Полагают, что модули затвердевания шейки прибыли (M_N) являются достаточными для обеспечения подачи металла внутрь отливки до затвердевания жидкой фазы, когда диаметр поперечного сечения шейки прибыли (D_N) больше или равен одной трети диаметра поперечного сечения прибыли (D_R)

$$D_N > D_R/3$$

Таблица 6.7

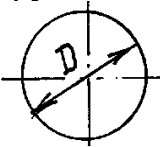
Стандартные сферические прибыли

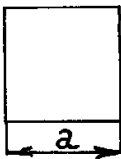
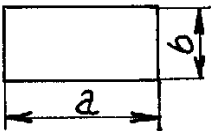
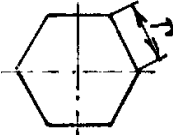
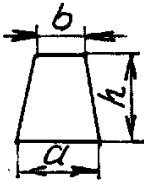
	№	Диаметр D_R , мм	Объем V_F , см ³	Модуль M_F , см
		1	20	4,2
	2	25	8,1	0,42
	3	30	14,0	0,50
	4	35	22,3	0,58
	5	40	33,3	0,67
	6	45	47,4	0,75
	7	50	65,0	0,83
	8	55	86,5	0,92
	9	60	112,3	1,00
	10	65	142,8	1,08
	11	70	178,4	1,17
	12	75	219,4	1,25
	13	80	266,2	1,33
	14	85	319,3	1,42
	15	90	379,1	1,50
	16	95	445,8	1,58
	17	100	520,0	1,67

Площадь круглого сечения шейки прибыли (A_N) диаметром (D_N) легко может быть переведена в площадь поперечного сечения другой формы (табл. 6.8). Пример расчета цилиндрической прибыли приведен в разделе 4.

Таблица 6.8

Площади поверхностей некоторых геометрических форм, применяемых для шеек прибылей

Геометрическая форма шеек	Расчетные формулы, мм
1	2
Окружность 	$\frac{\pi D^2}{4}$

<p style="text-align: center;">Квадрат</p> 	a^2
<p style="text-align: center;">Прямоугольник</p> 	$a \cdot b$
<p style="text-align: center;">Шестигранник</p> 	
<p style="text-align: center;">Трапеция</p> 	$\frac{a + b}{2} \cdot h$

7. Формовочные и стержневые смеси

Выбор формовочных и стержневых смесей зависит от многих факторов: от вида заливаемого в форму сплава, от способа формообразования, от состояния формы перед заливкой расплавом, от характера использования и объема в опоке.

По виду заливаемого в форму металла различают смеси для стального литья, смеси для чугунного литья, смеси для цветного литья.

По способу формообразования различают смеси для вибрационных способов уплотнения, для прессовых способов уплотнения, для комбинированных способов уплотнения.

По состоянию формы перед заливкой различают смеси для форм заливаемых во влажном состоянии («по сырому»), смеси для форм заливаемых в сухом состоянии («по сухому»).

По характеру использования и объему в опоке различают единые формовочные смеси, облицовочные формовочные смеси, наполнительные формовочные смеси.

Для механизированных и автоматизированных методов формообразования применяют единые сырые песчано-глинистые смеси (ЕФС). Типовые составы и свойства единых песчано-глинистых формовочных смесей (ЕФС) для различных способов формообразования представлены в таблице 7.1.

Типовые составы единых формовочных песчано-глинистых смесей для изготовления отливок из цветных сплавов (для прессовых методов формовки) приведены в таблице 7.2.

Таблица 7.3

Типовые составы единых формовочных песчано-глинистых смесей для изготовления отливок из цветных сплавов (для прессовых методов формовки)

Заливаемые сплавы	Состав формовочной смеси, масс. %					Физико-механические свойства смесей			
	Оборотная смесь	Кварцевый песок	Бентонитовая глина и добавки	Мазут	Фтористая присадка	Прочность при сжатии, МПа	Влажность, %	Газопроницаемость, ед.	Текучесть, %
Алюминиевые	90-92	10	2,5-3,0	-		0,12-0,15	4,0-5,0	40-50	60-70
Медные	85-92	15	2,5-3,0	1,0-1,5		0,08-0,10	4,0-5,0	40-50	60-70
Магниевые	85-90	0-15	2,5-3,0	-		0,08-0,10	4,0-5,0	40-80	60-70

Типовые составы смеси для форм чугунных и стальных отливок заливаемых в сухом состоянии («по сухому») и их физико-механические свойства представлены в таблице 7.3.

При получении крупных отливок из чугуна в мелкосерийных и индивидуальных производствах, а также при получении отливок в кессонах применяются жидкие самотвердеющие смеси (ЖСС). Составы жидких самотвердеющих смесей и их свойства даны в таблицах 7,4, 7,5.

Формовочные и стержневые смеси применяемые для чугунных и стальных отливок, для отливок из ВЧ, а также для цветных и тонкостенных чугунных отливок применяются холоднотвердеющие смеси, состав и свойства которых представлены в таблице 7.6.

Таблица 7.1

Типовые составы и свойства песчано-глинистых (ЕФС) применяемых при изготовлении чугунных отливок

№ п/п	Способ формообразования	Масса отливки	Состав формовочной смеси, %(по массе)					Физико-механические свойства смеси						
			Оборотная смесь	Кварцевый песок	Глинистый связующий материал	Противопрigarный материал	Специальные добавки	Прочность при сжатии МПа	Влажность, %	Газопроницаемость, ед	Текучесть, %	Глинистая составляющая, %	Содержание активной глины %	Потери при прокаливании %
1	Встряхивание с подпрессовкой	До 50	93-94	6-7	0,5-1,0*	0,5-1,0	-	0,05-0,07	4,0-5,0	90-100	-	9-12	4-5	3,5-4,5
		50-200	90-95	5-10	1,2-2,5*	1,0-1,5	-	0,04-0,06	4,0-5,0	90-100	-	10-12	4-6	4,0-5,0
2	Прессование	До 50	92-95	5-8	0,5-1,5**	0,5-1,0	0,10-0,25	0,15-0,19	3,1-3,5	100-110	75-80	9-12	7-8	3,5-4,5
		50-300	90-93	7-10	0,7-1,6**	1,0-1,5	0,10-0,5	0,12-0,17	3,5-4,0	100-110	80-85	9-12	6-8	4,0-5,0
3	Пескодуювно-прессовый	До 30	93-98	2-7	0,7-1,5**	0,2-0,1	0,05-0,40	0,14-0,21	3,2-3,8	100-120	80-85	10-12	7-8	3,0-4,5
4	Уплотнение воздушным потоком с последующим прессованием (Seiatsu-процесс)	До 200	93-96	4-7	0,6-1,4**	0,2-1,0	0,05-0,50	0,14-0,18	3,2-3,8	120-140	75-80	10-12	7-8	3,0-4,5
		200-1000	93-96	4-7	0,6-1,7**	0,4-1,5	0,05-0,50	0,12-0,16	3,2-3,9	120-140	80-85	10-12	6-8	4,0-5,0

*–Каолиновая глина

**–Бентонитовая глина

Таблица 7.2

Типовые составы единых формовочных песчано-глинистых смесей для изготовления отливок из цветных сплавов (для прессовых методов формовки)

Заливаемые сплавы	Состав формовочной смеси, масс. %					Физико-механические свойства смесей			
	Оборотная смесь	Кварцевый песок	Бентонитовая глина и добавки	Мазут	Фтористая присадка	Прочность при сжатии, МПа	Влажность, %	Газопроницаемость, ед.	Текучесть, %
Алюминиевые	90-92	10	2,5-3,0	-		0,12-0,15	4,0-5,0	40-50	60-70
Медные	85-92	15	2,5-3,0	1,0-1,5		0,08-0,10	4,0-5,0	40-50	60-70
Магниевые	85-90	0-15	2,5-3,0	-		0,08-0,10	4,0-5,0	40-80	60-70

Таблица 7.3

Смеси для форм, заливаемых «по сухому», применяемых при изготовлении чугунных и стальных отливок

Смесь	Состав смеси, масс. %						Физико-механические свойства смеси			
	Оборотная смесь	Кварцевый песок 1К ₁ , 1К ₂ , 2К ₁ , 2К ₂ , 3К ₁ , 3К ₂	Глина П1, П2	Бентонит	Противопригарные добавки	Технологические добавки	Прочность при сжатии, МПа	Газопроницаемость ед., не менее	Влажность, %	Прочность при разрыве (сухая), МПа
Для крупных чугунных отливок	30-90	10-70	-	2-6	1,5-3,0	до 5,0	0,04-0,06	50	4,5-7	0,1-0,2
	30-50	50-70	5-15	-	3,0-5,0	"-	0,03-0,06	70	5-9	0,1-0,2
	40-70	30-60	4-7	2-4	3,0-5,0	"-	0,05-0,06	80	5-8	0,15-0,25
Для крупных стальных отливок	20-50	50-80	5-10	-	4,0-5,0	до 3,0	0,03-0,05	80	5-8	0,25-0,35
	40-60	40-60	4-7	2-4		до 2,0	0,05-0,06	80	5-7	0,25-0,35

Таблица 7.4

Составы жидких самотвердеющих смесей

Наименование компонента	Содержание компонентов, % (по массе), в смеси		
	облицовочной	наполнительной	стержневой
Сухие составляющие:			
Песок кварцевый 1,2 К _{1,2} О ₁₋₃	57,0...66,5	58,0...67,0	94,0...96,0
Регенерированный Песок	30,0...37,0	30,0...37,0	-
Феррохромовый шлак	3,0...5,0	3,0...5,0	3,0...5,0
Добавки для улучшения выбиваемости	0,5...1,0	-	0,5...1,0
Жидкая композиция			
Жидкое стекло (сверх 100%)	6,0...7,0	4,0...5,0	7,5...8,5
10% раствор NaOH	0,2...0,3	0,2...0,3	0,2...0,3
ПАВ (РАС и др)	0,05...0,1	0,05...0,1	0,05...0,1

Таблица 7.5

Свойства жидких самотвердеющих смесей

Параметр смеси	Время отверждения часов	Физико-механические свойства ЖСС		
		облицовочной	наполнительной	стержневой
Текучесть, мм	-	100...106	90...95	115...120
Устойчивость пены, с	-	360...420	300...360	420...600
Влажность, %	-	4,5...5,0	5,0...5,6	5,0...6,0
Прочность на сжатие, МПа	1	0,09...0,12	0,03...0,05	0,15...0,20
	3	0,25...0,30	0,13...0,15	0,35...0,45
	24	0,45...0,60	0,30...0,35	0,60...1,20
Газопроницаемость, ед.	1	150...200	100...120	200...250
	3	200...230	180...200	300...350
	24	300...340	300...340	400...500

Таблица 7.6

Составы и свойства ХТС

Назначение ХТС	Связующий материал, % (по массе)					Катализатор % (по массе)	Прочность на сжатие, МПа после отверждения через, мин				Живучесть, мин	Продолжительность отверждения в оснастке, мин
	Фуритол 127	БС-40	ОФ-1	ФФ-65С	КФ-90		10	60	180	1440		
Формовочные и стержневые смеси для чугунных и стальных отливок	1,7...2,5	-	-	-	-	Ортофосфорная кислота 0,7...1,2	0,3-0,4	1,5-2,0	3,5-4,0	3,5-4,0	3-5	10-15
	-	2,5-3,0	-	-	-	То же	0,5-0,7	1,5-2,5	5,0-8,0	6,0-9,0	2-3	10-20
Стержневые смеси для отливок из стали и ВЧ	-	-	2,0-2,5	-	-	БСК 1,2-1,4	0,05-0,1	1,0-1,2	3,0-3,5	3,0-4,0	5-10	20-40
	-	-	-	1,5-2,5	-	Ортофосфорная кислота 0,7-1,2	0,3-0,4	1,5-2,0	3,5-4,0	3,5-5,0	3-5	10-20
Формовочные и стержневые смеси для цветных и тонкостенных чугунных отливок	-	-	-	-	1,5-2,0	То же 0,5-1,0	0,3-0,4	1,5-2,0	2,5-3,0	2,5-3,0	3-5	10-20

8. ОБОРУДОВАНИЕ ЛИТЕЙНЫХ ЦЕХОВ

Отличительной особенностью литейных цехов является большое количество разнообразных технологических процессов и, соответственно, применяемого основного и вспомогательного производственного оборудования. Грамотный, рациональный выбор технологического оборудования является важнейшим условием организации рентабельного экологически чистого современного литейного производства, обеспечивающего выпуск востребованной, высококачественной, конкурентоспособной продукции.

Все многообразие применяемого в литейных цехах оборудования можно условно разделить на группы по основным технологическим переделам:

- оборудование для изготовления литейных форм и стержней;
- оборудование для получения литейных сплавов (плавильные печи и установки для внепечной обработки расплавов);
- оборудование для приготовления формовочных и стержневых смесей и их регенерации;
- оборудование для финишной обработки отливок (обрубки, очистки, зачистки и термообработки)

Учитывая требования, предъявляемые к курсовому проекту по дисциплине «Теория и технология литейного производства», в таблицах 8.1-8.14 представлены основные технические характеристики современного технологического оборудования. Данное оборудование предлагается ведущими мировыми производителями для изготовления литейных форм и стержней, а также приготовления формовочных и стержневых смесей и их регенерации в массовом и крупносерийном производствах.

Таблица 8.1

Безопочные автоматические линии с вертикальной плоскостью разъема

DISA131	A	B	C	X	Y	Z
Размеры формы						
Высота мм	480	535	550	535	550	570
Ширина мм	600	650	675	750	750	750
Толщина мм	150- 395	150-395	150-405	150- 395	150- 395	150- 395
Производительность						
Форм без стержней шт/час	350	350	350	350	350	350
Форм со стержнем шт/час	320	320	320	320	320	320

Макс. длина конвейера м	70	70	70	70	70	70
DISA	240			250	270	
Тип	A	B	C	C	A	B
Производительность шт/ч						
Форм без стержней	450	450	450	450	400	395
Форм со стержнями	400	400	400	400	375	356
Размеры формы						
Высота, мм	600	600	600	650	700	800
Ширина, мм	750	775	850	850	950	950
Толщина, мм	150-500	150-500	150-500	150-500	200-650	200-650
Макс. длина м конвейера	100	100	100	100	120	120
DISA 2013	DMM	МК5 тип А	МК5 Тип Б			
Высота мм	480	480	535			
Ширина мм	600	600	650			
Толщина мм	120-330	120-330	120-360			
Производительность шт/ч	200					
Со стержнями		355	330			
Без стержней		370	350			
DISA 2110	LP	МК3				
Размеры формы						
Высота мм	400	400				
Ширина мм	500	500				
Толщина мм	100-315	100-315				
Производительность шт/ч						
Формы без стержня	205	300				
Формы со стержнем	185	275				
Макс. длина конвейера м	50	50				
LORAMATIC	VMM 4050	VMM 5070	VMM 80100			
Длина мм	500	600 770	850 1000			

Ширина мм	400	480 550	650 800			
Толщина мм	315- 100	360-120 360-120	550- 200 650- 250			
Ширина мм	508					
Толщина мм	150- 200					
Производительность						
Без стержней ф/ч	160					
С автоматической простановкой стержней ф/ч	120					
Высота, мин. макс. Нижней полуформы	150- 200					
Высота, мин. макс. верхней полуформы	150- 200					

Таблица 8.2

Безопасные автоматические линии с горизонтальной плоскостью разъема
литейной формы

Наименование машины	DISA MATCH 20/24	DISA MATCH 24/28	DISA MATCH 28/32	DISA MATCH 32/32
Производительность				
Без стержней форм/ч	160	120	100	100
Со стержнями Форм/ч	120	100	80	80
Размеры формы				
Длина	610	711	813	813
Ширина	508	610	711	813
Высота мин.-макс. нижней полуформы мм	150-200	180-255	225-300	225-300
Высота мин.-макс верхней полуформы мм	150-200	180-255	225-350	225-350

Таблица 8.3

Автоматические формовочные линии с уплотнением форм воздушным потоком (СЕЙАТСУ-процесс)

Формовочные автоматы

Тип формовочной машины или автомата	Размеры опок в свету мм	Производительность Форм/час
HSP	От 500х400 До 1000х800	От40до15
HSP-D	От 500х400 До 1250х1000	От70до20
DAFM-S	От 1000х800 До2500х2000	От 50до 10
DAFM-SD	От 500х400 До 1250х1000	От 100 до50
EFA-S	От 1000х800 До 2500х2000	От 60 до20
EFA-SD	От 500х400 До 1600х1250	От 140 до80
ZFA-S	От 500х400 До 1250х1000	От 250 до160
ZFA-SD	От 500х400 До 1250х1000	От 250 до160

Таблица 8.4

Стержневые машины DISA COREMP и DISA COPE EP

Тип	10MP	20MP	40MP	80MP	120MP	200MP
Размеры стержневого ящика						
Ширина макс. мм	740	990	1190	1390	1500	1500
Толщина макс. мм	600	800	1000	1400	1500	1500
Высотамин./максм м	290/57 5	385/77 0	530/91 5	615/100 0	870/134 0	870/134 0

Продолжение таблицы 8.4

Тип	10EP	20EP
Размеры стержневого ящика		
Высота мин/макс мм	230/480	335/630
Ширина макс.мм	695	790
Толщинамакс. мм	700	870

Таблица 8.5

Смесители DISA SAM для приготовления песчано-глинистой смеси

Тип	SAM 3-20	SAM 3-30	SAM 3-40	SAM 6-50	SAM 6-60	SAM 6-70	SAM 10-85	SAM 10-100
Производительность т/ч	15	22,5	30	38	45	53	64	75

Таблица 8.6

Смесители непрерывного действия камерного типа

loramendi

Марка смесителя	MDR-1	MDR-2	MDR-3
Емкость смесителя кг	25-100	50-200	75-300
Время цикла с	60-70	65-75	70-80
Точность дозировки %	+/-0,05	+/-0,05	+/-0,05

Таблица 8.7

Высокоскоростные смесители периодического действия

БЕЛНИИЛИТ

Наименование параметра	Модель смесителя		
	4842	4843	П1881.01
Производительность, т/ч	15-20	44-50	12; 24
Масса замеса, тонн	0,5	1,0	0,6; 1,2
Тип смесителя	Вихревой	вихревой	лопастной
Тип приготавливаемой смеси	Песчано-глинистая		Песчано-смяная

Таблица 8.8

Смесители непрерывного действия

БЕЛНИИЛИТ

Наименование параметров	Модель смесителя		
	С2Ш1	С1Ш3	С1Ш6
Количество рабочих органов, шт	2	1	1
Производительность, т/ч	1,0...2,0	1,0...3,0	3,0...6,0

Таблица 8.9

Дробебетные установки барабанного типа серии DTC

Тип	DTC 1	DTC 2	DTC 3
Макс. вес загрузки кг	1500	2500	3000
Макс. объем загрузки дм ³	500	800	1000
Макс. вес обрабатываемой детали кг	80	80	80
Макс. размер детали по диагонали мм	700	700	700

Таблица 8.10

Проходные дробебетные установки барабанного типа серии DT

Макс. размер детали по диагонали мм	85	980	1150
Тип	DT 14-450 DT 14-65 DT 14-850 DT 14-1050	DT 17-650 DT 17-850 DT 17-1050	DT 20-650 DT 20-850 DT 20-1050
Производительность т/ч	От 8 до 25	От 15 до 33	От 15 до 38

Таблица 8.11

Проходные дробебетные установки барабанного типа серии СТ

Макс. размер детали по горизонтали мм	500	900	1200	1600
Тип	СТ 2-30/5- 200 СТ 2-37/5- 430 СТ 4-45/5- 430	СТ3-45/9- 430 СТ4-45/9- 430 СТ6-45/9- 430	СТ4-55/12- 430 СТ4-110/12- 430 СТ6-110/12- 432	СТ4- 75/16430
Производительность Т/ч	3-14	6-24	18-34	20-30

Установки регенерации смесей

Механическая регенерация

Установка ИМФрегенерации песка использует трение зерен песка друг о друга для удаления пленки связующего, покрывающего их. Процесс регенерации смеси включает в себя следующие операции: очистку зерен песка от связующего, удаление пыли, конечное просеивание, охлаждение. Очистка зерен песка происходит в пневматической очистной камере. Измельченное в пыль связующее отсасывается с помощью фильтра. Песок просеивается на вибрационном сите и поступает в охладитель и далее в бункера накопителя. Данный метод регенерации применяется для песчано-глинистых смесей или смесей, в которых используются связующие материалы с низкой силой адгезии. Установки обеспечивают следующие производительности: 4-6 т/ч, 10-12 т/ч, 15-20 т/ч, 25-30 т/ч.

Газовая термическая регенерации смеси

Установка термической регенерации ИМФоснована на нагревании смеси до температур 600-700°C горячим воздухом. При данных температурах происходит разрушение органических составляющих смеси. Нагретый воздух, проходя сквозь слой смеси, образует псевдокипящий слой, в котором песчинки смеси при движении и трутся друг о друга, отделяя продукты термодеструкции органики с поверхности кварцевого песка. Смесь газов и пыли проходит через циклон, рукавный фильтр где удаляются крупные частицы. Данный метод регенерации применяется для смесей с органическими связующими материалами.

Таблица 8.9.

Установки термической регенерации смеси песчано-смоляной смеси

Производитель, наименование и технические характеристики оборудования	Модель оборудования и значения основных технических характеристик					
OMEGA	PX0.6 G	PX1 G	PX3 G	PX7 G	PX14 G	PX17 G
Производительность, т/ч	0,25- 0,5	0,5- 1	1,5- 2,5	4-5	10	12
Максимальная тепловая мощность, кВт	250	350	650	1200	2250	2750
Удельный расход газа, м ³ /т	47	34	25	23	22	22

Динамическая система регенерации

Установка динамической регенерации IMF обеспечивает эффективное очищение зерен песка. Процесс динамической регенерации включает в себя четыре операции: разрушение комков и предварительная регенерация, удаление связующего посредством высокоскоростной вращающейся системы при трении зерен друг о друга, сепарации и удаления пыли, охлаждение песка. Эта система особенно удобна для регенерации щелочно-фенольных и фурановых связующих, а также фенольных и полиуретановых связующих.

Производительность установок IMF от 5 до 20 т/ч.

Плавильное оборудование

Таблица 8.10

Электроды для плавки Al и Cu

Модель	Т °С max.	Емкость, кг.		Размеры в мм.		
		Al	Cu	Ширина	Длина	Высота
K(F) 10/12	1200	20	70	1510	1240	1040
K(F) 20/12	1200	45	150	1660	1360	1060
K(F) 40/12	1200	90	300	1740	1470	1140
K(F) 80/12	1200	180	550	1800	1700	1180
K(F)150/12	1200	330	970	1870	1900	1460
K(F) 240/12	1200	570	-	2010	2000	1460
K(F)300/12	1200	650	-	2010	2000	1560
K(F) 360/12	1200	750	-	2120	2100	1550
K(F) 400/12	1200	1050	-	2120	2100	1700
K(F) 10/13	1300	20	70	1510	1240	1040
K(F) 20/13	1300	45	150	1660	1360	1060
K(F) 40/13	1300	90	300	1740	1470	1140
K(F) 80/13	1300	180	550	1800	1700	1180

Таблица 8.11

Тигельные печи для расплавления Al

Модель	л	кгAl/ч / макс	кВт
T 10	12	25	12
T 20	26	30	15
T 40	45	40	18
T 80	80	80	35
T150	150	120	46
T 240	240	160	63

Таблица 8.12

Индукционные печи для плавки чугуна и стали EGES

Печи		Преобразователь		Темп плавки (кг/ч)		Время плавки, (минуты)	
Модель	Объем, кг	Мощность, кВт	Частота, Гц	с. Чугун 1480°C	Сталь 1650°C	с. Чугун 1480°C	Сталь 1650°C
EGP 500 S	500	350	1000	680	612	44	48
EGP 750 S	750	450	1000	900	810	50	55
EGP 1000S	1000	600	1000	1200	1080	50	55
EGP 1000S	1000	800	500	1659	1493	36	40
EGP 1500S	1500	800	500	1659	1493	54	59
EGP 1500S	1500	1000	500	2100	1890	43	47
EGP 2000S	2000	1000	500	2100	1890	57	63
EGP 2000 S	2000	1250	500	2625	2363	46	51
EGP 2000 S	2000	1500	500	3150	2835	38	42
EGP 3000 S	3000	1750	500	3675	3308	49	54
EGP 3000 S	3000	2000	500	4200	3780	43	47
EGP 3000 S	3000	2500	500	5250	4725	35	39
EGP 4000 S	4000	2500	500	5250	4725	47	52
EGP 4000 S	4000	3000	500	6300	5670	38	42
EGP 6000 S	6000	3500	250	7350	6615	49	54
EGP 6000 S	6000	4000	250	8400	7560	43	47
EGP 6000 S	6000	5000	250	10500	9450	34	37
EGP 8 T	8000	5000	250	10500	9450	46	51
EGP10T	10000	6000	250	12600	11340	52	57
EGP 10T	10000	7500	250	15750	14175	40	44
EGP 12 T	12000	6000	250	12600	11340	59	65
EGP12 T	12000	7500	250	15750	14175	46	51
EGP 15 T	15000	7500	250	15750	14175	57	63
EGP15 T	15000	10000	250	21200	19080	42	46
EGP 18 T	18000	7500	250	15750	14175	76	84
EGP 18 T	18000	10000	250	21200	19080	57	63
EGP 20 T	20000	10000	250	21200	19080	64	70
EGP 25 T	25000	10000	250	21200	19080	79	87

Таблица 8.13

Газовые печи для плавки цветных сплавов

Модель	Т макс.	Емкость		Размеры установки в мм.		
		кг. Al	кг. Cu	Ширина	Длина	Высота
KB 80/12	1200	180	950	2030	1700	1510
KB 150/12	1200	330	970	2140	1900	1710
KB 180/12	1200	370	1200	2140	1900	1810
KB 240/12	1200	570	-	2650	2030	1810
KB 360/12	1200	750	-	2650	2080	1910
KB 400/12	1200	1000	-	2650	2080	2080
KB 40/14	1400	120	400	2070	1700	1770
KB 60/14	1400	150	500	2070	1900	1810
KB 80/14	1400	180	600	2070	1900	1910

Таблица 8.14

Электропечи для плавки меди тип CFM

Тип печи	Модификация	мах. Температура °C	Производительность кг. Cu/ч	Габаритные размеры		
				Длина мм	Ширина мм	Высота мм
CFM-12.02	A	1250	24			
CFM-12/15	A		55	1170	1170	1050
	B		65			
	C		75			
CFM-12/20	A		75	1200	1200	1050
	B		80			
	C		90			
CFM-12/30	A		90	1240	1240	1100
	B		100			
	C		110			
CFM-12/45	A		90	1260	1260	1050
	B		110			
	C		125			
CFM-12/60	A		135	1260	1260	1250
	B		165			
	C		185			
CFM-12/90	A		175	1350	1350	1250
	B		200			
	C	230				