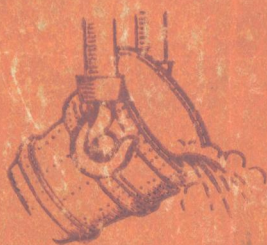


93  
С.И.М.И.  
Р 93  
Н. А. РЫБАЛЬЧЕНКО, Б. С. СПЕРАНСКИЙ, В. И. ГОНТАРЕНКО

# ОБОРУДОВАНИЕ ЛИТЕЙНЫХ ЦЕХОВ

Лабораторные  
и практические работы



# ОБОРУДОВАНИЕ ЛИТЕЙНЫХ ЦЕХОВ

## Лабораторные и практические работы

Допущено Министерством высшего  
и среднего специального образования УССР  
в качестве учебного пособия  
для студентов вузов,  
обучающихся по специальностям  
«Машины и технология литейного производства»  
и «Литейное производство черных  
и цветных металлов»

КИЕВ — ДОНЕЦК

ГОЛОВНОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО ИЗДАТЕЛЬСКОГО ОБЪЕДИНЕНИЯ

«ВИЩА ШКОЛА»

1979

УДК 669.2/.8+621.74(07)

Рыбальченко Н. А., Сперанский Б. С., Гонтаренко В. И. **Оборудование литейных цехов. Лабораторные и практические работы:** Учеб. пособие для вузов.— Киев — Донецк: Вища школа. Головное изд-во, 1979. — 152 с. — 31204.2704020000.

Содержит практические и лабораторные работы по курсу «Оборудование и проектирование литейных цехов», в которых изложены теоретические обобщения, примеры расчетов, порядок выполнения работ, описывается применяемое оборудование и материалы.

Для студентов вузов, обучающихся по специальностям «Машины и технология литейного производства» и «Литейное производство черных и цветных металлов».

Табл. 36. Ил. 46.

Рецензенты: кафедра литейного производства Днепропетровского металлургического института и кафедра литейного производства черных и цветных металлов Киевского политехнического института.

Редакция Главного издательства при Донецком государственном университете.

Зав. редакцией *М. Х. Тахтаров*

Издательское объединение

Р 31204—372 212.79 2704020000  
М211(04)—79

«Вища школа», 1979.

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Новый этап коммунистического строительства в нашей стране, бурное развитие производительных сил и научно-технический прогресс ставят большие и ответственные задачи по повышению качества подготовки специалистов для всех отраслей народного хозяйства. Эти задачи четко определены принятым в июне 1979 г. постановлением ЦК КПСС и Совета Министров СССР «О дальнейшем развитии высшей школы и повышении качества подготовки специалистов», в котором, в частности, указывается на необходимость дальнейшего совершенствования самостоятельной работы студентов.

В настоящем учебном пособии приведены краткое описание основных видов оборудования и машин, применяемых в цехах по производству отливок в разовых песчаных формах, и методика выполнения практических и лабораторных работ по курсу «Оборудование и проектирование литейных цехов».

Весь материал по предложению рецензентов разбит на два раздела — «Практические работы» и «Лабораторные работы» и сгруппирован по технологическому признаку, что облегчит пользование пособием.

Цель практических и лабораторных работ — не только определение количественных величин, но и изучение конструктивных особенностей и принципа работы отдельных машин. Самостоятельная работа

над материалом развивает у студентов нужные для специалиста качества и, главное, помогает им закрепить знание предмета, увязать теорию с практикой.

Поскольку в основных учебниках, которыми пользуются студенты при изучении курса «Оборудование литейных цехов», применяется старая система единиц, в данной книге авторы сохранили ее и дали в конце пособия переводную таблицу в СИ.

Авторы выражают благодарность чл.-кор. АН УССР Ю. А. Шульте, профессору Днепропетровского металлургического института А. Е. Кривошееву и доцентам В. С. Гудиновичу и Е. Г. Белай, доценту Киевского политехнического института В. Я. Жуку за ценные советы по улучшению качества пособия.

## **Практические работы**

### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ И ХАРАКТЕРИСТИК ЛИТЕЙНОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

#### **Практическая работа 1**

#### **РАЗРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛИТЕЙНОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

##### **Общие сведения**

Эффективное использование оборудования, принятого для выполнения определенной технологической операции или процесса, зависит от технических возможностей установки или машины. Эти данные представлены в технической характеристике, которая составляется на основе анализа работы оборудования. В ней приводятся сведения о допустимых размерах и другие необходимые показатели установки (машины), принципиальные, кинематические, гидравлические, пневматические и электрические схемы, которые характеризуют привод, тип, конструкции предохранительных и иных устройств, используемых при обслуживании и ремонте оборудования.

Цель практической работы — усвоение методики разработки технической характеристики литейного оборудования.

Оборудование и инструмент: формовочная машина соответствующего типа, таль ручная грузоподъемностью 3 т, опока, подмодельные плиты с моделями, формовочная смесь, слесарные инструменты, линейка, штангенциркуль, кронциркуль, рулетка, манометр (0—10 кг/см<sup>2</sup>), расходомер (0—0,5 м<sup>3</sup>/с).

##### **Порядок выполнения работы**

1. Измерить размеры опоки и подмодельной плиты, предварительно сняв их со стола машины.
2. Разобрать формовочную машину на узлы.
3. Произвести замеры диаметров цилиндров встряхивающего, прессового и протяжного механизмов и определить высоту встряхивающего стола от уровня пола.
4. Составить схему трубопроводов.

5. Описать устройство машины.
  6. Привести схему смазки узлов.
  7. Собрать машину и подключить к воздушной магистрали.
  8. Замерить давление воздуха в сети и установить расход воздуха на форму.
  9. Рассчитать максимальную грузоподъемность встряхивающего прессового механизма.
  10. Определить производительность машины.
  11. Измерить габариты машины.
- Все полученные данные заносятся в табл. 1.

Таблица 1. Техническая характеристика формовочной машины

Параметры	Метод определения параметра	Полученные данные
Максимальные размеры опок в свету, мм:		
длина	Замер	
ширина	»	
высота	»	
Размер встряхивающего стола, мм	»	
Максимальный ход вытяжки, мм	»	
Высота стола машины над уровнем пола, мм	»	
Максимальный ход прессового механизма, мм	»	
Диаметры цилиндров механизмов, м:		
встряхивающего	»	
прессового	»	
протяжного	»	
Производительность (при полной механизации), опок в час	Расчет (60: время изготовления формы, мин)	
Максимальная грузоподъемность (при 5 ат), кг	Расчет (площадь поршня × 5 ат)	
Давление воздуха в сети, кг/см <sup>2</sup>	Замер	
Расход свободного воздуха на форму, м <sup>3</sup>	»	
Усилие прессования (при 5 ат), кг	»	
Габариты машины без трубопроводов, мм:		
длина	Расчет	
ширина	»	
высота	»	
Масса, кг	»	
Диаметр подводящего трубопровода, дм	Замер	
Вибраторы:		
количество, шт.	Подсчет	
диаметры, мм	Замер	

## **Содержание отчета**

Указать назначение и необходимость разработки технической характеристики машины. Дать краткое описание практической работы. Приложить схемы трубопроводов, смазки и эскиз машины.

## **Контрольные вопросы**

1. Какие данные содержит техническая характеристика машины, ее назначение?
2. Какова последовательность составления технической характеристики формовочной машины?
3. В чем заключается принудительная смазка узлов?
4. Поясните схему трубопроводов.

## **РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА**

Волкомич А. И., Лакшин А. П., Хазин Д. Л. Литейные машины. М., Машгиз, 1959. 464 с.  
Аксенов Н. П., Аксенов П. Н. Оборудование литейных цехов. Т. 2. М., Машгиз, 1950. 534 с.

## **Практическая работа 2**

### **РАЗБОРКА И СБОРКА ФОРМОВОЧНОЙ МАШИНЫ И СТАНДАРТНЫХ УЗЛОВ ВОЗДУХОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ**

#### **Общие сведения**

Процесс сборки — это соединение в узлы отдельных деталей таким образом, чтобы их основные поверхности занимали заданное взаимное положение. К основным относятся поверхности трения, стыковочные и др. Размеры, связывающие основные поверхности деталей с замыкающим звеном, образуют замкнутую контур-размерную цепь. Точность сборки машины зависит от правильного взаимного расположения основных поверхностей отдельных деталей.

Точность собранного механизма может быть достигнута бескомпенсационным или компенсационным способом. В первом случае детали выполняются с такой точностью, что все их основные поверхности правильно располагаются без дополнительной пригонки и регулировки.

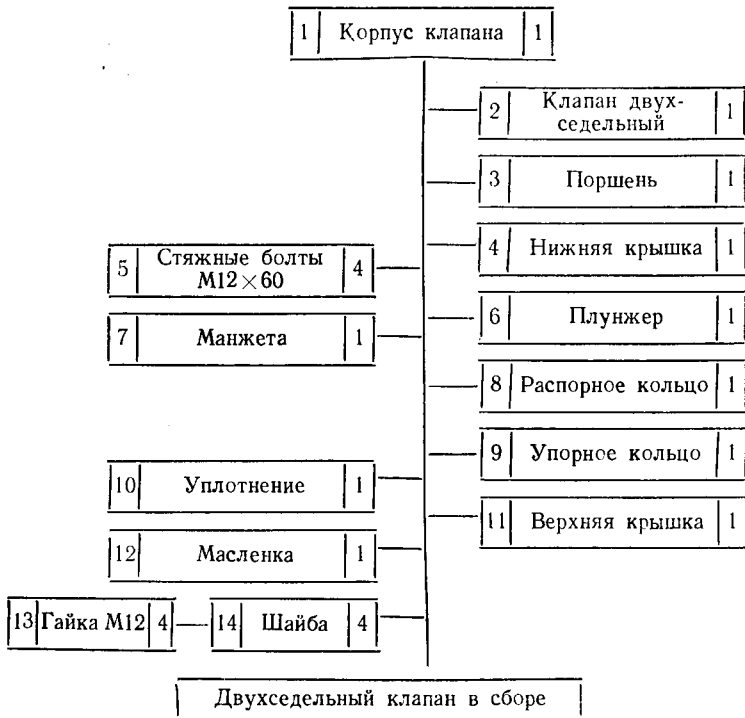


При компенсационном методе необходимая точность замыкающего звена достигается либо изменением размера одного из заранее намеченных звеньев (методы пригонки и неподвижного компенсатора), либо путем регулировочного перемещения какой-либо детали (метод регулирования).

Перед началом разработки технологического процесса сборки-разборки необходимо изучить сборочные чертежи установки или машины, определить исполнительные поверхности и их взаимосвязь, способствующую выполнению данной операции. Кинематические связи, обеспечивающие относительное движение исполнительных поверхностей по заданному закону, представлены на кинематической схеме машины. На следующем этапе устанавливается порядок комплектования узлов и деталей в процессе сборки и составляется схема расчленения изделия на сборочные группы и подгруппы. Затем определяется план сборки и разрабатывается технологическая схема последовательности выполнения сборочных операций.

Для получения технологической схемы изделие разбирают на сборочные единицы таким образом, чтобы каждую единицу можно было собирать самостоятельно. Разработка схемы заключается в следующем: на листе бумаги проводится линия сборки, на одном ее конце указывается базовая деталь или базовая сборочная единица, с которой начинается сборка, на другом — собираемый объект. С одной стороны от линии проставляют название деталей или готовых сборочных единиц, с другой — крепежных деталей и материалов (болты, гайки, винты, смазка и др.), входящих в собираемый объект. Сборочные единицы изображаются прямоугольниками с указанием наименования и их количества.

На рис. 1 показана технологическая схема сборки-разборки общий вид двухседельного перекидного клапана. Он предназначен для регулирования подачи сжатого воздуха во встряхивающий цилиндр формовочной машины и изменения высоты встряхивания. Состоит клапан из корпуса 1, закрытого нижней 4 и верхней 11 крышками, которые соединены между собой стяжными болтами 5, гайками М12 и шайбами 13, 14. Внутри корпуса перемещается клапан 2 с плунжером 6, распорным кольцом 8, манжетой 7 и уплотнением 10. Ограничителем движения служит упорное кольцо 9. Работой клапана управляет поршень 3. Для смазки трущихся поверхностей предусмотрена масленка 12.



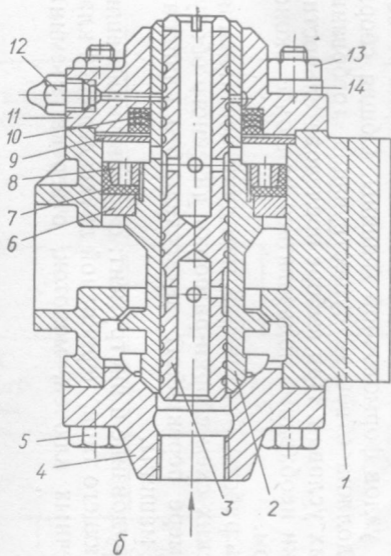


Рис. 1. Технологическая схема сборки-разборки (а) и общий вид (б) двухсидельного клапана

Подобным образом осуществляется сборка-разборка всех других узлов формовочной машины. Общая сборка установки должна отвечать существующим требованиям технических условий. При выборе последовательности сборки-разборки необходимо пользоваться наиболее экономичным способом.

Цель работы — изучение методики составления технологических схем сборки-разборки литейного оборудования на примере перекидного двухседельного клапана формовочной машины.

Оборудование и инструмент: формовочная машина соответствующего типа, перекидной двухседельный клапан, набор гаечных ключей, молоток, отвертка, съемник.

### **Порядок выполнения работы**

1. Составить технологическую схему сборки-разборки двухседельного клапана (см. рис. 1) или формовочной машины (рис. 2).
2. Разобрать клапан (машину) согласно технологической схеме, описать их устройство и сделать эскизы.
3. Собрать клапан (машину).

### **Содержание отчета**

Указать цель практической работы, дать краткое описание принципа действия клапана (машины), заполнить все разделы технической характеристики. Приложить составленные схемы клапана (машины), трубопроводов, а также технологическую схему сборки-разборки.

### **Контрольные вопросы**

1. Для какой цели составляется схема сборки-разборки оборудования?
2. Что понимается под базовой деталью или сборочной единицей?
3. Как изображается технологическая схема сборки-разборки?
4. Какими способами достигается точность собранного механизма?
5. Как изображаются сборочные единицы на технологической схеме сборки?

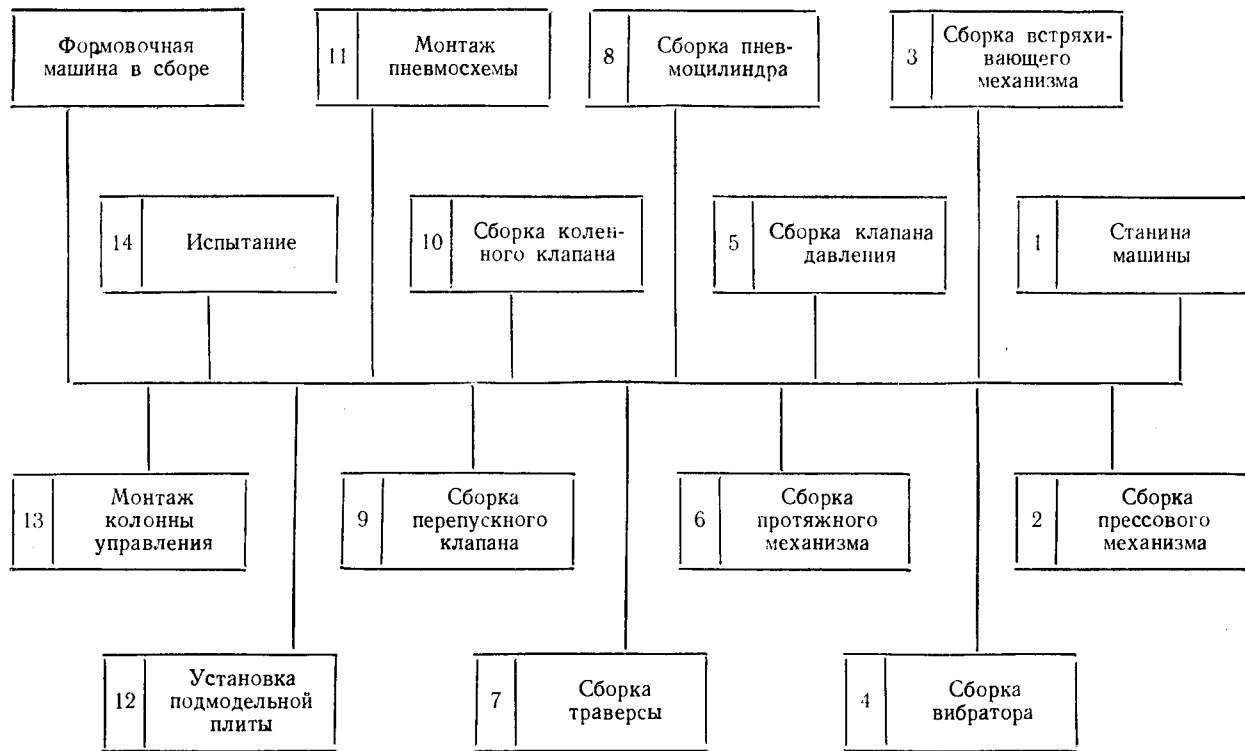


Рис. 2. Технологическая схема сборки-разборки формовочной машины 91271

## РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Волкомич А. И., Лакшин А. П., Хазин Д. Л. Литейные машины. М., Машгиз, 1959. 464 с.

Аксенов Н. П., Аксенов П. Н. Оборудование литейных цехов. Т. 2. М., Машгиз, 1950. 534 с.

Аксенов П. Н. Оборудование литейных цехов. М., Машиностроение, 1977. 509 с.

## Практическая работа 3

### ИЗУЧЕНИЕ КИНЕМАТИЧЕСКИХ И ПНЕВМАТИЧЕСКИХ СХЕМ ЛИТЕЙНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

#### Общие сведения

Для анализа работы того или иного литейного оборудования, его наладки или ремонта требуется уяснить только связь между отдельными элементами монтируемого устройства, без уточнения его конструктивных особенностей. Для этой цели и предназначены кинематические, гидравлические, пневматические и другие схемы.

Кинематические схемы отображают связь и взаимодействие подвижных элементов устройства, гидравлические — систему управления, пневматические — принцип работы и взаимосвязь элементов устройства, управляемого воздушной системой. При чтении таких схем можно легко и быстро понять принцип действия монтируемого устройства. Детали на схемах изображаются упрощенно. Например, на кинематических валы, оси, стержни, шатуны условно обозначаются утолщенной прямой линией, шкивы — в виде окружностей или прямоугольников с осью посередине. Детали и схемы выполняются в соответствии с ГОСТ 2.701—76 и 2.704—76.

Рассмотрим кинематическую схему формовочной машины 91271, показанную на рис. 3. Положение *I* соответствует заполнению опоки смесью, *II* — встряхиванию, *III* — повороту траверсы и прессованию, *IV* — отводу траверсы, вытяжке и перемещению полуформы.

Формовочный полуавтомат 91271 предназначен для изготовления форм по односторонним модельным плитам в опоках размерами 500 × 400 × 200 мм (рис. 4). Он состоит из встряхивающего 2 и прессового 3 механизмов. К прессовому цилиндру крепятся ограничители хода поршня 5. Вытяжной механизм 7 состоит из двух цилиндров, прикреп-

ленных к станине 4. В цилиндрах перемещаются поршни 6, на которых установлены поперечины с штифтами и кромочными рольгангами 1. В верхней части колонны 9, закрепленной на станине, располагается прессовая траверса 11. Она поворачивается вокруг вертикальной оси пневматическим цилиндром 10 со штоком-рейкой. Машина оборудована механизмом передвижения опок 12 и устройством 8 для облегчения выдачи изготовленной полуформы на сборку.

Грузоподъемность формовочного полуавтомата 150 кг, усилие прессования 6250 кг, число встряхиваний в минуту 210, максимальная производительность 100 опок в час, габаритные размеры 1660 × 1060 × 1550 мм, масса — 1260 кг.

Цель работы — ознакомление с устройством формовочной машины, составление кинематической и технологической схем сборки-разборки.

Оборудование и инструмент: формовочная машина, набор гаечных ключей, молоток, отвертка, съемник, штангенциркуль, кронциркуль, линейка.

### **Порядок выполнения работы**

1. Снять модельную плиту с машины.
2. Составить технологические схемы сборки и разборки формовочного полуавтомата.
3. Разобрать конструкцию согласно схеме на узлы и ознакомиться с их устройством.
4. Собрать машину в соответствии со схемой сборки.
5. Составить кинематическую схему работы машины.

### **Содержание отчета**

Дать краткую характеристику машины, объяснить ее устройство, назначение и область применения, привести технологическую схему сборки-разборки, описать кинематическую схему и сделать выводы о проделанной работе.

### **Контрольные вопросы**

1. Что собой представляет кинематическая схема и для какой цели она служит?
2. Каким образом составляется технологическая схема сборки-разборки?
3. Как изображаются отдельные элементы установки на схемах?

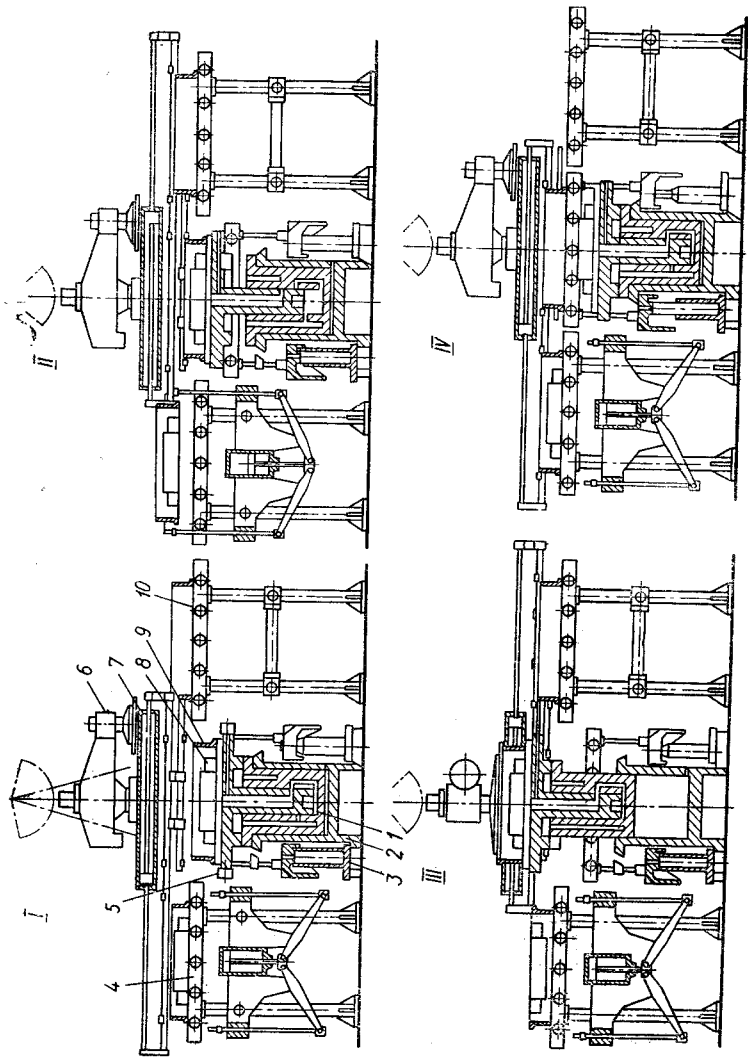
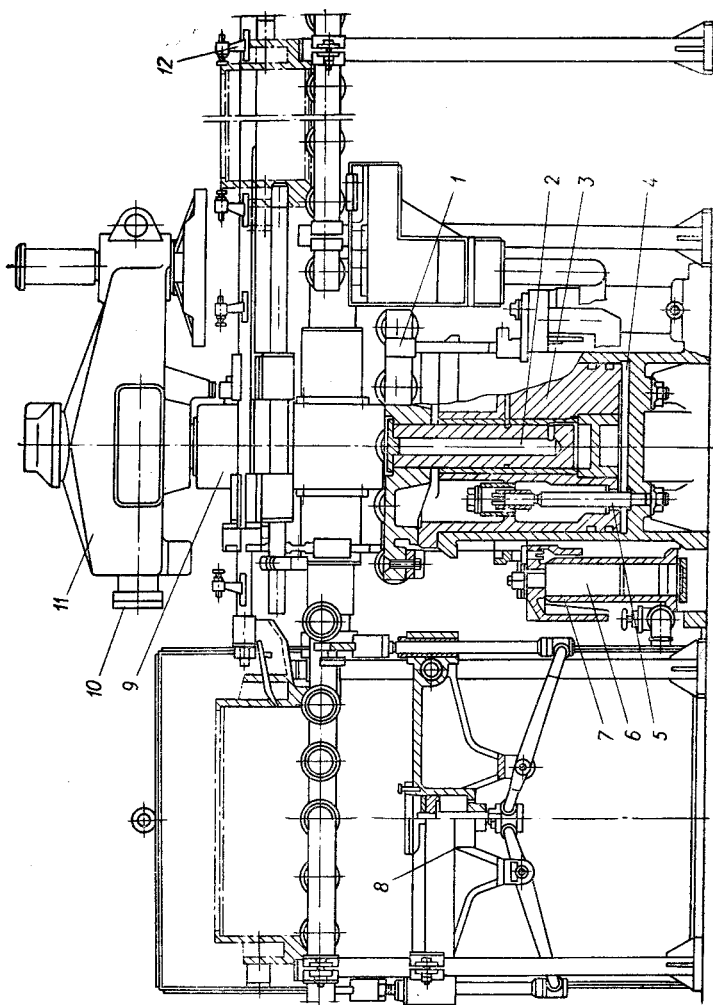


Рис. 3. Кинематическая схема формовочной машины 91271



Рис. 4. Общий вид  
формовочного полуав-  
томата 91271



## РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Аксенов П. Н. Оборудование литейных цехов. М., Машиностроение, 1977. 509 с.

Зайгеров И. Б. Машины и автоматизация литейного производства. Минск, Высшая школа, 1969. 494 с.

## ФОРМОВОЧНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ЛИТЕЙНЫХ ЦЕХОВ

Формовочная смесь в опоке должна обладать такой степенью уплотнения, чтобы литейная форма не изменяла своих размеров от воздействия статических, динамических и химико-термических нагрузок, возникающих при заливке в нее жидкого металла. Плотность разрыхленной смеси обычно составляет 1,15—1,2 г/см<sup>3</sup>, а плотность смеси, обеспечивающая перечисленные качества формы, находится в пределах 1,6—1,8 г/см<sup>3</sup>.

Существуют такие методы уплотнения песчано-глинистых смесей в опоках: ручной (пневмотрамбовками), встряхивание, прессование, вибропрессование, надув (пескодудный, пескострельный, пескодудно-прессовый) и пескометный. Выбор того или иного метода зависит от условий и характера производства. Решающими факторами при этом являются: а) универсальность процесса и качество уплотнения формы; б) затраты энергии на единицу работы; в) производительность; г) возможность автоматизации процесса; д) санитарно-гигиенические условия труда и безопасность работы.

В массовом и крупносерийном производстве для создания надежно работающих полуавтоматических и автоматизированных формовочных агрегатов желательнее, чтобы метод уплотнения смеси был одностадийным, высокопроизводительным и удобным для автоматизации процесса. Эти качества при изготовлении форм малого и среднего размеров и небольшой высоты обеспечивают методы прессования, вибропрессования или пескодудно-прессовый.

Наиболее распространенным методом уплотнения является встряхивание с допрессовкой, так как его можно применить для широкого диапазона развеса отливок. При изготовлении отливок в крупных и высоких опоках используется пескометный метод.

Уплотнение смеси прессованием осуществляется под воздействием статических сил, возникающих от прессовой ко-

лодки (гибкой диафрагмы, модели) на поверхности соприкосновения ее со смесью. Первоначальный объем смеси должен быть больше объема опоки с моделью на величину смеси, размещенной в наполнительной рамке (величина этого объема зависит от условий обеспечения заданной плотности смеси).

Высота наполнительной рамки  $h$  определяется по формуле

$$h = \left( H - \frac{V_m}{F} \right) \left( \frac{\delta}{\delta_0} - 1 \right),$$

где  $H$  — высота опоки, см;

$V_m$  — объем модели, см<sup>3</sup>;

$F$  — площадь опоки, см<sup>2</sup>;

$\delta_0, \delta$  — плотность смеси до и после прессования, г/см<sup>3</sup>.

Процесс уплотнения формовочной смеси в опоке прессованием характеризуется, во-первых, вертикальными сжимающими усилиями от прессовой колодки и, во-вторых, боковым давлением со стороны опоки. Величина бокового давления смеси на стенки опоки составляет 30—50% от вертикального сжимающего напряжения. Силы трения обуславливаются размерами формы, конфигурацией модели и опоки, временем действия уплотняющего усилия, коэффициентом трения смеси, ее текучестью и удельным давлением прессования.

Распределение плотности смеси по высоте опоки  $H$  (рис. 5) зависит от метода прессования, который может быть верхним или нижним. Чем выше опока, тем больше неравномерность распределения плотности смеси.

Основным фактором уплотняющего воздействия на форму при прессовании является удельное давление  $p$  прессо-

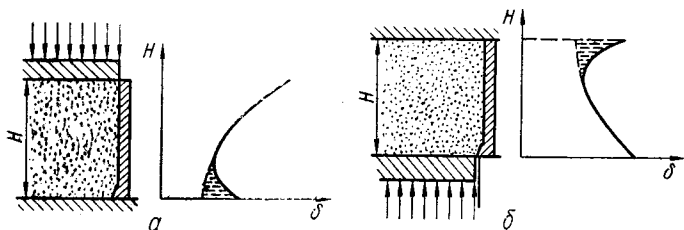


Рис. 5. Распределение плотности смеси по высоте опоки при верхнем (а) и нижнем (б) прессовании

вой колодки. На практике для его определения пользуются следующим эмпирическим уравнением проф. Н. П. Аксенова:

$$\delta = 1 + c\rho^{0,25}.$$

Здесь  $\delta$  — средняя степень уплотнения смеси в форме, г/см<sup>3</sup>;

$c$  — коэффициент уплотняемости, зависящий от свойств смеси и размеров опоки ( $c = 0,4—0,6$ ).

С увеличением высоты смеси в опоке коэффициент  $c$  уменьшается согласно эмпирической зависимости  $cH^{0,19} = 0,92$ .

В настоящее время широко применяется метод изготовления линейных форм под высоким давлением прессования (10—40 кг/см<sup>2</sup>), что дало возможность получать формы с четким отпечатком модели и малоподатливой рабочей поверхностью. При использовании этого метода зависимость плотности смеси  $\delta$  (г/см<sup>3</sup>) от удельного давления определяют по уравнению О. А. Беликова

$$\delta = \delta_1 + n_1 \lg p,$$

где  $\delta_1$  — средняя степень уплотнения смеси при давлении прессования  $p = 1$  кг/см<sup>2</sup>;

$n_1$  — коэффициент уплотняемости.

Величина  $n_1$  вычисляется по формуле  $n_1 = \delta_{10} - \delta_1$  ( $\delta_{10}$  — средняя степень уплотнения при  $p = 10$  кг/см<sup>2</sup>).

Для изготовления форм под высоким удельным давлением применяют смеси с пониженной влажностью или со специальными добавками, повышающими ее текучесть. Метод вибропрессования позволяет использовать положительное влияние вибрации на процесс уплотнения, которая уменьшает внешнее и внутреннее трение смеси, ускоряет протекание пластических деформаций и облегчает перемещение смеси между опокой и моделью. Вибрация модельной плиты и моделей во время протяжки облегчает отделение их от формы и уменьшает возможность прилипания и обвала смеси.

Уплотнение формовочной смеси в опоке при встряхивании происходит в момент удара встряхивающего стола по корпусу машины под воздействием сил инерции смеси. Число ударов на одну форму составляет 10—80. За меру уплотняющего воздействия на смесь принимают удельную

работу встряхивания  $a$ , сообщенную смеси за  $n$  ударов и отнесенную к единице площади опоки.

$$a = \frac{Q}{F} hn\eta,$$

где  $Q$  — масса формовочной смеси в опоке, кг;

$F$  — площадь опоки, см<sup>2</sup>.

$h$  — высота подъема встряхивающего стола см;

$\eta$  — коэффициент использования потенциальной энергии встряхивающего стола при его падении ( $\eta = 0,3—0,7$ ).

Проф. Н. П. Аксенов установил эмпирическую зависимость между средней степенью уплотнения формовочной смеси  $\delta$  (г/см<sup>3</sup>) и удельной работой встряхивания:  $\delta = 1 + ka^{0,3}$  г/см<sup>3</sup>, где  $k$  — коэффициент уплотняемости формы встряхиванием ( $k = 0,35—0,55$ ).

Уплотнение формовочной смеси надувом осуществляется под воздействием кинематической энергии песчано-воздушной струи и фильтрации воздуха, проходящего через слой смеси в опоке. В начальный период воздух увлекает смесь в полость опоки: происходит уплотнение за счет кинетической энергии струи. На второй стадии благодаря наполнению опоки слой смеси, через который проникает воздух, возрастает. В этот момент уплотнение осуществляется в основном под действием перепада давления воздуха.

Если смесь уплотняется только за счет кинетической энергии, то среднюю степень уплотнения смеси  $\delta$  (г/см<sup>3</sup>) можно определить по следующей эмпирической формуле:

$$\delta = 1 + cE_{\text{ср}}^{0,068}.$$

Здесь  $c$  — коэффициент уплотняемости смеси ( $c = 0,4—0,6$ );

$E_{\text{ср}}$  — средняя кинетическая энергия песчано-воздушной струи, кгм/с.

Значение  $E_{\text{ср}}$  (кгм/с) вычисляется по формуле

$$E_{\text{ср}} = \frac{Qv^2}{2},$$

где  $Q$  — количество смеси, дувуемой за время  $t$ , кг;

$v$  — скорость струи ( $v = 2—20$ ), м/с.

Если смесь уплотняется только под действием перепада давления сжатого воздуха, то средняя степень уплотнения определяется по эмпирической зависимости

$$\delta = 1 + c(p_1 - p_2)^{0,25},$$

где  $p_1, p_2$  — давление воздуха на входе и выходе из слоя смеси, кг/см<sup>2</sup>.

Так как при изготовлении форм или стержней пескодувным способом смесь уплотняется за счет кинетической энергии массы песка и фильтрации воздуха через массу, то величину  $\delta$  (г/см<sup>3</sup>) можно определить по формуле, предложенной А. С. Евсеевым:

$$\delta = 1 + c[A(p_1 - p_2)^{0,25} + B(p_2 - p_3)^{0,25}] + DE_{\text{ср}}^{0,068},$$

где  $A, B, D$  — коэффициенты, учитывающие геометрические размеры вдувных отверстий, стержня и стержневого ящика ( $A = 0,8-1, B = 0,5-0,6, D = 0,4-0,6$ );

$p_1, p_2$  — давление в верхней части надувного резервуара и стержневого ящика;

$p_3$  — давление в нижней части стержневого ящика.

Время надува смеси  $t$ (с) устанавливается из выражения

$$t = t_1 + t_2,$$

где  $t_1$  — время надува смеси за счет кинетической энергии ( $t_1 = 0,02-0,05$  с);

$t_2$  — время доуплотнения смеси при фильтрации воздуха ( $t_2 = 0,2-0,4$  с).

Эффективным способом изготовления литейных форм и стержней крупных размеров является пескометный. Формовочная смесь, которая подается в головку центробежного пескомета, предварительно уплотняется на вращающемся роторе, образуя пакет смеси. Под действием центробежной силы пакет скользит вдоль лопатки к периферии и выбрасывается в опоку. Преимущество этого метода заключается в том, что степень уплотнения по высоте опоки практически одинакова.

Зависимость между средней степенью уплотнения и энергией падающего пакета И. Б. Зайгеров рекомендует рассчитывать по формуле  $\delta = 1 + cE^{0,08}$  ( $E$  — кинетическая энергия пакета, кгм/с).

Величина  $E$  определяется следующим образом:

$$E = Qv^2/2,$$

где  $Q$  — масса пакета, кг;

$v$  — абсолютная скорость схода пакета, м/с.

Приведенное уравнение справедливо для скорости выброса пакета не выше 35 м/с.

Скорость горизонтального перемещения головки пескомета над опокой существенно влияет на степень уплотнения смеси. При медленном перемещении головки плотность набивки снижается. Поэтому рекомендуется скорость горизонтального перемещения  $v_r$  (м/с) принимать для практических целей в пределах, указанных в табл. 2.

Таблица 2. Зависимость скорости перемещения головки пескомета от видов литья

Развес	$v_r$ , м/с при литье	
	чугунном	стальном
Мелкий	0,10—0,15	0,15—0,30
Средний	0,15—0,30	0,30—0,45
Крупный	0,30—0,45	0,45—0,60

## Практическая работа 4

### ИЗУЧЕНИЕ ПРЕССОВОЙ ФОРМОВОЧНОЙ МАШИНЫ

#### Общие сведения

При изготовлении полуформ небольшой высоты (100—150 мм) из песчано-глинистых смесей применяют формовочные машины ПФ-4 и ПФ-5 с нижним прессованием.

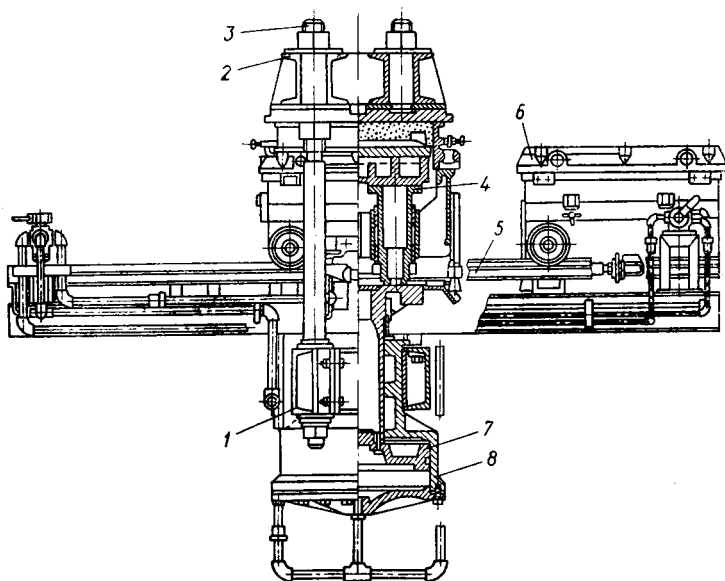


Рис. 6. Общий вид прессовой формовочной машины ПФ-4

Прессовая машина этого типа (рис. 6) состоит из нижней 1 и верхней 2 траверсы, которые крепятся гайками к колоннам 3, образуя жесткую раму. Траверса 1 устанавливается на фундаменте. В ней закрепляется корпус машины, в нижней части которого находится пневматический прессовый цилиндр 8 с поршнем 7. Поршень жестко соединен с промежуточным столом, над ним расположены два стола 6, опирающихся на стаканы 4. Столы со стаканами монтируются на тележках и перемещаются пневмоцилиндрами 5. На верхней плоскости подвижной тележки устанавливают модельную плиту. Над ней образуется пространство, равное высоте наполнительной рамки. Опоку ставят на наполнительную рамку и фиксируют направляющими штырями.

#### Техническая характеристика машины ПФ-4

Размеры опоки, мм:	
в свету	750×675
высота	100
Производительность, форм в час	60
Максимальное удельное давление прессования, кг/см <sup>2</sup>	2,7
Количество подвижных столов, шт.	2
Расстояние от пола до верхней плоскости наполнительной рамки, мм	795
Усилие прессования, кг	16 000
Диаметр прессового цилиндра, мм	650
Ход поршня, мм	70
Давление воздуха в сети, кг/см <sup>2</sup>	5
Масса, кг	3500

Цель работы — ознакомление с устройством и работой формовочной машины ПФ-4, составление схемы воздухопроводов и технической характеристики.

Оборудование и инструмент: формовочная машина, опока, формовочная смесь, слесарный инструмент, линейка, кронциркуль и штангенциркуль.

#### Порядок выполнения работы

Установить опоку на направляющие штыри и заполнить ее формовочной смесью. Подвести тележку под стол прессового механизма, который, поднимаясь, нажимает на оба стакана и осуществляет прессование. Затем тележка с заформованной опокой и подвижным столом опускается вниз и ставится на рельсы. Между верхней плоскостью готовой полуформы и верхней траверсой образуется зазор. Подвижный стол продолжает опускаться на упорные вин-



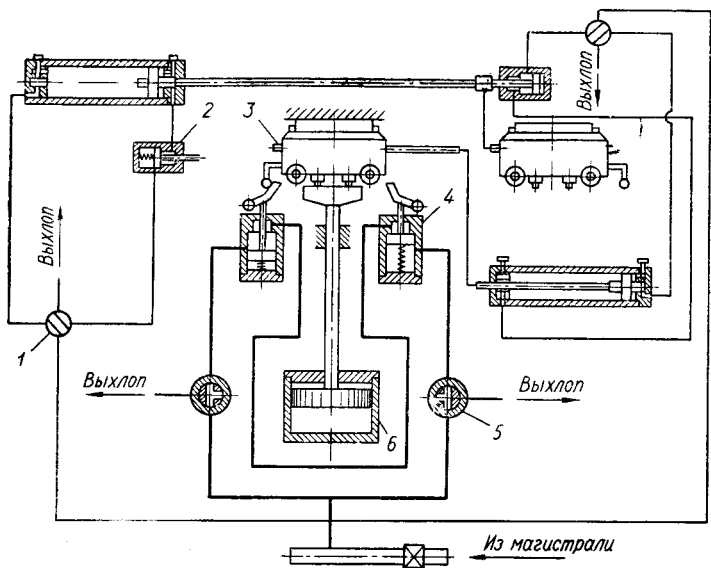


Рис. 7. Пневматическая схема прессовой машины ПФ-4

ты, вытягивая модель из опоки. Поршень с промежуточным столом достигает исходного положения, образуя зазор между верхней плоскостью стола и стаканами. После этого тележку при помощи пневмоцилиндра следует вывести в крайнее положение, а на ее место подвести другую с установленной модельной оснасткой и смесью для изготовления второй полуформы.

На рис. 7 показана пневматическая схема прессовой машины в момент изготовления полуформы на левой тележке. Из магистрали сжатый воздух через клапан 4 подается к прессовому цилиндру, а через блокировочный клапан 2 — к пневмоцилиндрам привода тележек 3. При подходе под пресс закрепленный на тележке ролик нажимает на рычаг клапана 4, и сжатый воздух из магистрали поступает под поршень прессового цилиндра 6. Прессовый стол перемещается вверх, прессуя смесь в опоке. Поворотом рукоятки трехходового крана 5 воздух из прессового цилиндра отводится в атмосферу, и стол опускается в исходное положение. При повороте крана 1 полуформа выводится из-под пресса. В конце хода тележка нажимает на выступающий штырь блокировочного клапана 2 и перемещает его поршень

влево, подготавливая возможность пуска сжатого воздуха в правую полость пневмоцилиндра привода правой тележки. Клапан 2 допускает движение той или иной тележки только в том случае, когда другая тележка находится в крайнем исходном положении. Это исключает возможность их столкновения.

## **Содержание отчета**

Описать кратко работу машины, привести пневматическую и кинематическую (по всем основным положениям) схемы и техническую характеристику

## **Контрольные вопросы**

1. Назначение и устройство прессовой формовочной машины.
2. Поясните пневматическую и кинематическую схемы машины.
3. Как изменяется плотность смеси по высоте опоки при нижнем и верхнем прессовании?
4. Почему не рекомендуется применять прессовые машины для высоких опок?

## **РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА**

Волкомич А. И. Лакшин А. П., Хазин Д. Л. Литейные машины. М., Машгиз, 1959. 464 с.

Зайгеров И. Б. Машины и автоматизация литейного производства. Минск, Высшая школа, 1969. 494 с.

## **Практическая работа 5**

### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПНЕВМАТИЧЕСКОГО ПРЕССОВОГО МЕХАНИЗМА**

#### **Общие сведения**

Основным показателем экономичности работы прессового механизма является отношение работы сжатого воздуха, затраченного на уплотнение смеси в опоке, к работе сил трения, возникающих в процессе прессования. Данное отношение можно определить построением индикаторных диаграмм для конкретных условий (размер опок, давление

воздуха в сети, плотность получаемой формы и т. д.). Поэтому для установления конструктивных параметров пневматического прессового механизма следует использовать рекомендации, приведенные в литературе.

Цель работы — определить основные конструктивные параметры прессового механизма при давлении воздуха в сети  $p_0 = 5 \text{ кг/см}^2$ , плотности поступающей в опоку формовочной смеси  $\delta_0 = 1,2 \text{ г/см}^3$ , средней степени уплотнения смеси в конце прессования  $\delta = 1,7 \text{ г/см}^3$  и размере опоки в свету  $400 \times 500 \times 100 \text{ мм}$ . По полученным данным построить и проанализировать индикаторную диаграмму прессового механизма.

### Порядок выполнения работы

Для расчетов принимаем: площадь опоки  $F_0 = 50 \cdot 40 = 2000 \text{ см}^2$ ; объем модели  $V_m = 0,25 V_{\text{оп}} = 0,25 \cdot 50 \cdot 40 \times 10 = 5000 \text{ см}^3$  ( $V_{\text{оп}}$  — объем опоки).

Массу поднимаемых при прессовании частей машины, включая полезную нагрузку  $Q$  (кг) и силу трения  $R$  (кг), определим из уравнения

$$Q + R = (0,1 - 0,15)pF_0.$$

Удельное давление в конце хода прессования  $p$  находим из выражения  $\delta = 1 + cp^{0,25}$ . Отсюда  $p = \left(\frac{\delta - 1}{c}\right)^4$ . Если принять коэффициент уплотняемости формовочной смеси  $c = 0,5$ , то  $p = \left(\frac{1,7 - 1}{0,5}\right)^4 = 3,84 \text{ кг/см}^2$ .

При  $R = 0,25Q$  получим  $1,25 Q = 0,12pF_0$ , откуда  $Q = \frac{0,12 \cdot 3,84 \cdot 2000}{1,25} = 737,28 \text{ кг}$  и  $R = 0,25 \cdot 737,28 = 184,32 \text{ кг}$ .

Площадь прессового поршня  $F$  определяем из уравнения

$$pF_0 + Q + R = p_0F.$$

Таким образом,

$$F = \frac{pF_0 + Q + R}{p_0} = \frac{3,84 \cdot 2000 + 737,28 + 184,32}{5} = \frac{8601,6}{5} = 1720,32 \text{ см}^2.$$

Диаметр прессового поршня

$$d = \sqrt{\frac{4F}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1720,32}{3,14}} = 46,8 \text{ см}.$$

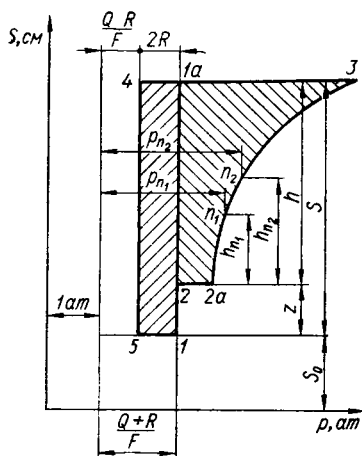


Рис. 8. Индикаторная диаграмма прессового механизма

Рассмотрим процесс пневматического прессования между колодкой и верхней кромкой наполнительной рамки. Перед прессованием между колодкой и верхней кромкой наполнительной рамки устанавливаем зазор  $z = 2$  см. При построении индикаторной диаграммы по вертикали откладываем положение поршня в цилиндре  $S$ , а по горизонтали — абсолютное давление в нем  $p$  (рис. 8).

Для начала движения поршня необходимо создать под ним такое избыточное давление, при котором подъемная сила поршня  $p_1 F$  будет уравновешена силами  $Q + R$ . Тогда координаты точки 1 начала хода поршня вверх

$$S_1 = S_0 = V_0 / F,$$

где  $S_0$  — высота вредного пространства прессового цилиндра, см.

$V_0$  — объем вредного пространства, см<sup>3</sup>.

При конструировании экономично работающего прессового механизма объем вредного пространства должен быть по возможности минимальным (это снижает расход сжатого воздуха). Принимаем  $S_1 = 3$  см. Давление в точке 1

$$p_1 = 1 + \frac{Q + R}{F} = 1 + \frac{738,28 + 184,32}{1720,32} = 1,54 \text{ ата.}$$

На участке хода поршня 1—2 выбираем зазор  $z$ . Давление в цилиндре при этом не изменяется и составляет  $p_2 = p_1 = 1,54$  ата.

Высота наполнительной рамки

$$\begin{aligned} h &= \left( H - \frac{V_M}{F_0} \right) \left( \frac{\delta}{\delta_0} - 1 \right) = \\ &= \left( 10 - \frac{5000}{2000} \right) \left( \frac{1,7}{1,2} - 1 \right) = \\ &= 3,12 \text{ см.} \end{aligned}$$

Рабочий процесс пневматического прессового механизма рассматриваем по характерным точкам индикаторной диаграммы формовочной машины. Во время работы пресса колодка неподвижна, а поршень поднимается вместе со столом, модельной плитой, опокой и наполнительной рамкой.

Так как начальная плотность смеси  $\delta_0 > 1 \text{ г/см}^3$ , то в момент соприкосновения прессовой колодки с формовочной смесью наполнительной рамки давление в цилиндре возрастает на величину

$$p_{2a} - p_2 = \left( \frac{\delta_0 - 1}{c} \right)^4 \frac{F_0}{F}.$$

Тогда давление в точке 2а (начало прессования)

$$p_{2a} = p_2 + \left( \frac{\delta_0 - 1}{c} \right)^4 \frac{F_0}{F} = 1,54 + \left( \frac{1,2 - 1}{0,5} \right)^4 \frac{2000}{1720,32} = 1,57 \text{ ата.}$$

Положение поршня  $S_{2a} = S_2 = S_1 + z = 3 + 2 = 5 \text{ см.}$

Кривая 2а—3 показывает изменение давления в цилиндре в период прессования формы. Индикаторную диаграмму этого участка можно построить аналитически, определяя координаты ряда произвольных промежуточных положений поршня.

Для расчета примем две промежуточные точки  $n_1$  и  $n_2$ , лежащие на расстоянии  $h_{n_1} = 1 \text{ см}$  и  $h_{n_2} = 2 \text{ см}$  от точки начала прессования. Определим вначале координаты точки  $n_1$ . Ход поршня  $S_{n_1} = S_1 + z + h_{n_1} = 3 + 2 + 1 = 6 \text{ см.}$  Плотность формовочной смеси под прессовой колодкой  $\delta_{n_1}$  при ходе прессования  $h_{n_1}$

$$\delta_{n_1} = \delta_0 \left( \frac{h_{n_1}}{H - \frac{V_M}{F_0}} + 1 \right) = 1,2 \left( \frac{1}{10 - \frac{5000}{2000}} + 1 \right) = 1,36 \text{ г/см}^3,$$

а давление в цилиндре

$$p_{n_1} = p_2 + \left( \frac{\delta_{n_1} - 1}{c} \right)^4 \frac{F_0}{F} = 1,54 + \left( \frac{1,36 - 1}{0,5} \right)^4 \frac{2000}{1720,32} = 1,85 \text{ ата.}$$

Аналогично находим координаты точки  $n_2$ :

$$S_{n_2} = S_1 + z + h_{n_2} = 3 + 2 + 2 = 7 \text{ см;}$$

$$\delta_{n_2} = \delta_0 \left( \frac{h_{n_2}}{H - \frac{V_M}{F_0}} + 1 \right) = 1,2 \left( \frac{2}{10 - \frac{5000}{2000}} + 1 \right) = 1,52 \text{ г/см}^3;$$

$$p_{n_2} = p_2 + \left( \frac{\delta_{n_2} - 1}{c} \right)^4 \frac{F_0}{F} \approx 1,54 + \left( \frac{1,52 - 1}{0,5} \right)^4 \frac{2000}{1720,32} = 2,9 \text{ ата.}$$

Давление воздуха в цилиндре в конце прессования (точка 3) соответствует заданной степени уплотнения  $\delta =$

1,7 г/см<sup>3</sup>, т. е. перемещению всей формовочной смеси из наполнительной рамки в опоку. Координаты точки 3 следующие:

$$S_3 = S_1 + z + h = 3 + 2 + 3,12 = 8,12 \text{ см,}$$

$$p_3 = p_2 + \left(\frac{\delta - 1}{c}\right)^4 \frac{F_0}{F} = 1,54 + \left(\frac{1,7 - 1}{0,5}\right)^4 \frac{2000}{1720,32} = 6 \text{ ата.}$$

После окончания прессования цилиндр переключается на выхлоп, избыточное давление в нем падает до  $(Q - R)/F$  (точка 4). Для этой точки

$$p_4 = 1 + \frac{Q - R}{F} = 1 + \frac{737,28 - 184,32}{1720,32} = 1,32 \text{ ата;}$$

$$S_4 = S_3 = 8,12 \text{ см.}$$

При ходе поршня вниз давление в цилиндре остается постоянным и составляет в точке 5  $p_5 = p_4 = 1,32$  ата. Ход поршня  $S_5 = S_1 = 3$  см.

Индикаторный расход свободного воздуха на одно прессование можно найти, если из количества воздуха в объеме цилиндра (точка 3), пересчитанного на атмосферное давление, вычесть количество воздуха, оставшееся в цилиндре после выхлопа (точка 5):

$$V_{\text{инд}} = [F(S + S_0)(p_0 + 1) - V_0] 10^{-6},$$

где  $S = z + h$  — ход поршня, см ( $S = 2 + 3,12 = 5,12$ ).

Для нашего примера  $V_{\text{инд}} = [1720,32(5,12 + 3)(5 + 1) - 1720,32 \cdot 3] 10^{-6} = 0,079 \text{ м}^3$ .

Если принять скорость впуска воздуха в цилиндр  $v_{\text{вп}} = 20$  м/с за время  $t_{\text{вп}} = 4$  с, то сечение впускного  $f_{\text{вп}}$  отверстия можно определить по формуле

$$f_{\text{вп}} = \frac{V_{\text{инд}}}{t_{\text{вп}} v_{\text{вп}}} = \frac{0,079}{4 \cdot 20} = \frac{0,079}{4 \cdot 20} = 0,001 \text{ м}^2.$$

Впуск воздуха в прессовый механизм и выпуск из него осуществляется через одно отверстие, поэтому  $f_{\text{вп}} = f_{\text{вып}}$ .

По полученным расчетным данным строится индикаторная диаграмма, затем замеряется площадь диаграммы  $f_d$  между точками 1—2—2а—3—4—5—1, которая представляет собой работу сжатого воздуха в кг · см, отнесенную к 1 см<sup>2</sup> площади прессового поршня. Площадь диаграммы  $f_n$  между точками 2—2а—3—1а—2 — это работа, израсходо-

ванная на прессование формовочной смеси. Для прессовых механизмов обычно рекомендуют принимать  $f_n / f_i = 0,7/0,8$ .

Площадь диаграммы, заключенная между точками 1—1а—4—5—1, представляет работу, затраченную на преодоление сил трения в данном прессовом механизме. Она выражается величиной

$$f_{\tau} = \frac{2R}{F} S.$$

Таким образом,

$$f_{\tau} = \frac{2 \cdot 184,32}{1720,32} 5,12 = 1,097 \text{ кг} \cdot \text{см}.$$

Чем меньше площадь  $f_{\tau}$  по отношению к величине  $f_n$ , тем экономичнее прессовый механизм.

### Содержание отчета

Составить краткую характеристику рассчитываемого прессового механизма, описать методику и изложить сам расчет, сделать выводы об экономичности работы данного прессового механизма.

### Контрольные вопросы

1. Какова цель построения индикаторной диаграммы и в чем заключается ее анализ?
2. Какие нужны исходные данные для анализа прессового механизма?
3. Для чего определяется высота наполнительной рамки?
4. Назовите основные виды прессовых формовочных машин.
5. По какой формуле рассчитывается сила трения в прессовом цилиндре?

### РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

- Аксенов Н. П., Аксенов П. Н. Оборудование литейных цехов. Т. 2. М., Машгиз, 1950. 534 с.
- Аксенов П. Н. Оборудование литейных цехов. М., Машиностроение, 1977. 509 с.
- Зайгеров И. Б. Машины и автоматизация литейного производства. Минск, Вышэйшая школа, 1969. 494 с.
- Анащенко Н. Н., Пепенко В. Д. Расчет оборудования литейных цехов. Харьков, Изд-во Харьк. ун-та, 1963. 147 с.

## Практическая работа 6

### ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ И РАБОТЫ ВСТРЯХИВАЮЩИХ МАШИН ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПОЛУФОРМ ВЕРХА

#### Общие сведения

Для изготовления средних и крупных форм и стержней из песчано-глинистой смеси применяют пневматические встряхивающие формовочные машины. Конструкция их по сравнению с другими более простая и обеспечивает выполнение целого ряда технологических операций (уплотнение, удаление излишка смеси с опоки, ее поворот, протяжку и др.). На машинах, оборудованных штифтовым или рамочным протяжным устройством (2М265, 266М, 267М и 268), изготавливают преимущественно полуформы верха. Можно формовать и нижние полуформы с последующим поворотом их на 180° вне машины. Уплотнение смеси осуществляется встряхиванием с подпрессовкой.

#### Техническая характеристика пневматических машин

	266М	2М265	267М	268
Максимальные размеры опок в свету, мм:				
длина	600	800	1000	1250
ширина	500	700	800	900
высота	250	300	350	400
Размеры протяжной рамы в свету, мм:				
ширина	560	740	850	930
длина	800	1000	1120	1120
Ход вытяжки, мм	250	250	325	350
Производительность машин, опок в час	50	50	45	30
Максимальная грузоподъемность, кг	320	480	960	1200
Высота рамы над уровнем пола, мм	790	800	735	825
Максимальный ход прессового поршня, мм	300	345	400	500
Диаметр цилиндра механизмов, мм:				
встряхивающего	200	250	330	360
прессового	450	630	800	900
вытяжных	80	80	100	150
поворотного	100	100	120	160
подъема рольганга	—	—	—	150
Расход свободного воздуха на одну форму, м <sup>3</sup>	0,5	0,6	1	3



Давление воздуха в сети, кг/см <sup>2</sup>	5—6	5—6	5—6	5—6
Габариты машины без трубопроводов, мм:				
длина	1510	2050	2500	2750
ширина	1150	2350	2560	3160
высота	2300	2460	2850	3530
Высота над уровнем пола	1950	2080	2205	2630
Масса, кг	3100	4700	6750	12 000

Требуемая величина кинетической энергии, переходящей в работу уплотнения, достигается при определенном количестве ударов (30—60). Для выравнивания степени уплотнения по высоте формы и сокращения времени ее изготовления применяется подпрессовка.

Цель работы — изучить конструкцию, принцип работы и эксплуатации формовочной машины 266М, составить кинематическую схему.

Оборудование и инструмент: формовочная машина 266М, ручная таль  $Q = 3$  т, формовочная смесь, линейка, кронциркуль, набор гаечных ключей.

### Порядок выполнения работы

*Конструкция машины 266М* (рис. 9). В центре литой станины 10 расположен цилиндр с прессовым поршнем 7. Ход поршня ограничен гайками 13, которые находятся на концах штырей, прикрепленных к днищу станины. Станина имеет два прилива: на одном из них установлена колонна 15 прессовой траверсы 2, а на другом — стойка-упор 5 с зажимом 4. Прессовый поршень служит одновременно цилиндром для встряхивающего поршня 3.

Встряхивающий стол кольцевой поверхностью лежит на торце прессового поршня. От поворота вокруг оси он фиксируется штоком, один конец которого закреплен в столе, а второй входит в направляющую втулку, прикрепленную к станине. По бокам встряхивающего стола находятся вибраторы. В верхней плоскости станины расположены четыре цилиндра 11 и протяжная рама 14 со штоками, проходящими через направляющие втулки цилиндров подъема рамы. В нижней части каждого цилиндра помещается поршень 12, имеющий уплотняющее кольцо.

Установка траверсы по высоте осуществляется с помощью башмаков 1. Траверса поворачивается цилиндром 8, шток которого закреплен на фланце 9.

Управление работой машины сосредоточено на пульте 6, где расположены воздухораспределители управления

операциями встряхивания, прессования и вытяжки, запорный вентиль и манометр.

*Кинематическая схема машины 266М.* Положение стола с модельной оснасткой формовочной машины 266М определяется кинематической схемой. На рис. 10, а показано положение механизмов в состоянии покоя. При встряхивании (рис. 10, б) сжатый воздух через впускной трубопровод и воздушный канал поступает под поршень, который, поднимаясь, перекрывает впускное отверстие и открывает вы-

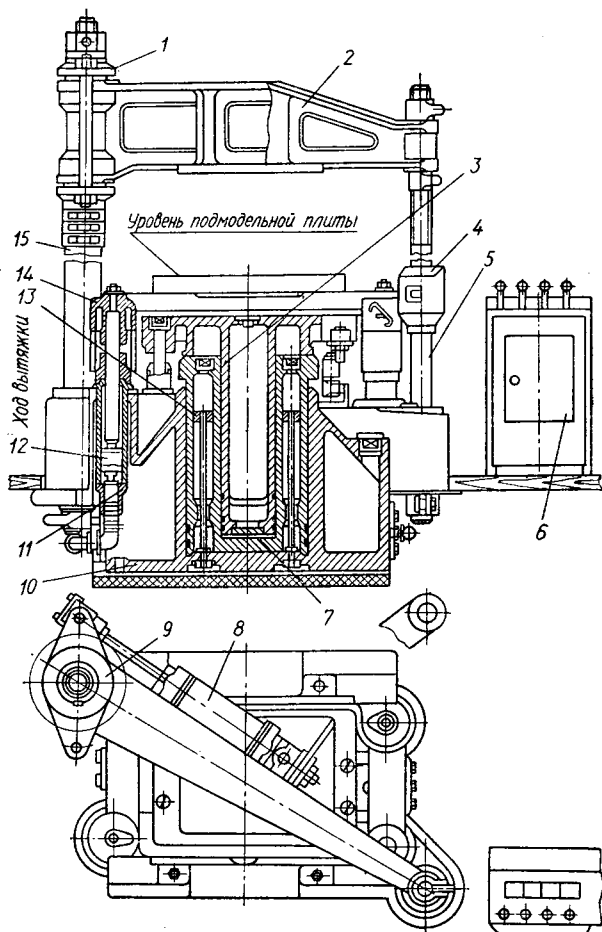


Рис. 9. Схема формовочной машины 266М

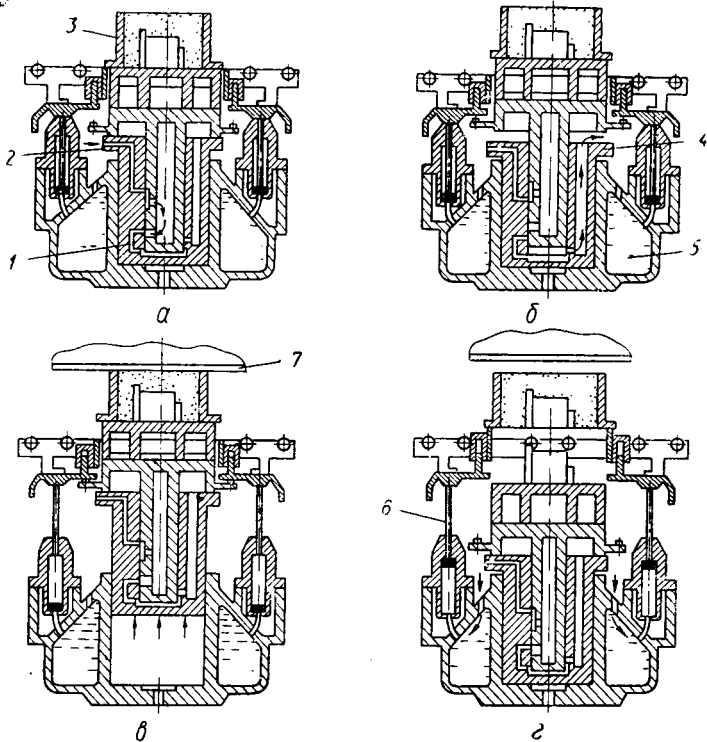


Рис. 10. Кинематическая схема формовочной машины 266М в состоянии покоя (а), при встряхивании (б), прессовании (в) и выемке (г) модели:

1 — воздушный канал; 2 — впускной трубопровод; 3 — опока; 4 — прессовый поршень; 5 — резервуар; 6 — протяжные штоки; 7 — траверса

хлопное. Давление под поршнем снижается, и он вместе со столом и опокой возвращается в исходное положение. При этом происходит удар, от которого смесь уплотняется.

На следующем этапе — прессовании (рис. 10, в) — траверса устанавливается над опокой, и воздух впускается под прессовый поршень. Вместе с ним и протяжной рамой встряхивающий стол поднимается. В это время опока прижимается к траверсе и смесь уплотняется. По окончании процесса протяжная рама фиксируется с помощью системы цилиндров. Протяжные штоки находятся в верхнем положении.

Во время выемки модели (рис. 10, з) из прессового цилиндра выпускается воздух и поршень со встряхивающим столом и протяжной рамой начинает опускаться. Пройдя определенный путь, рама и опока останавливаются, а стол с моделью продолжает опускаться до исходного положения, происходит выемка модели из опоки.

Если рукоятку крана воздухораспределителя поставить в исходное положение, протяжная рама под воздействием собственного веса возвращается в начальное положение.

## **Содержание отчета**

Дать краткое описание конструкции и принципа работы машины, построить кинематическую схему и показать схематично организацию рабочего места.

## **Контрольные вопросы**

1. Каково назначение машины 266М?
2. Поясните кинематическую схему.
3. Для чего предусмотрена допрессовка смеси в форме?
4. Определите характер изменения плотности по высоте опоки.
5. Расскажите кратко о конструкции машины.

## **РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА**

Аксенов П. Н. Оборудование литейных цехов. М., Машиностроение, 1977. 509 с.

Волкомич А. И., Лакшин А. П., Хазин Д. Л. Литейные машины. М., Машгиз, 1959. 464 с.

Крылов В. И., Юдин С. Т. Оборудование литейных цехов. М., Машгиз, 1956. 390 с.

## **Практическая работа 7**

### **ИЗУЧЕНИЕ ПРИНЦИПА РАБОТЫ ВСТРЯХИВАЮЩИХ ФОРМОВОЧНЫХ МАШИН С ПОДПРЕССОВКОЙ И ПОВОРОТНЫМ СТОЛОМ**

#### **Общие сведения**

Этот тип машин предназначен для изготовления полуформ низа. Их техническая характеристика приведена в таблице 3. По принципу работы, кинематической и пневмати-

Таблица 3. Техническая характеристика формовочных машин

Параметры	Машины	
	253М	254М
Максимальный размер опок в свету, мм:		
длина	600	800
ширина	650	750
высота	250	300
Производительность при полной механизации участка, форм в час	50	45
Максимальная грузоподъемность машины, кг	320	480
Высота рольганга над уровнем пола, мм	435	435
Максимальный ход прессового поршня, мм	300	360
Максимальная сила прессования, кг	6500	13 000
Ход вытяжки, мм	240	290
Диаметр цилиндра механизмов, мм:		
встряхивающего	200	230
прессового	420	560
поворотного	150	180
поворота скребков	105	120
пневматических зажимов	80	120
Расход свободного воздуха на форму, м <sup>3</sup>	0,75	1,5
Давление воздуха в сети, кг/см <sup>2</sup>	5—7	5—7
Масса, кг	2235	4150

ческой схемам машины 253М и 254М одинаковы и различаются лишь размерами опок, поэтому в данной работе рассматривается только 253М.

Уплотнение смеси осуществляется встряхиванием с подпрессовкой после поворота полуформы на 180°, а протяжка — при опускании прессового механизма.

Цель работы — изучение устройства машины, кинематической схемы и схемы управления трубопроводов.

Оборудование и инструмент: формовочная машина 253М, формовочная смесь, таль грузоподъемностью 5 т, метр, набор слесарных инструментов.

*Конструкция машины.* На станине 1 (рис. 11) смонтированы встряхивающий механизм со столом 12, прессовый поршень 2 и две стойки 3, между которыми размещен поворотный стол 8 с модельной плитой и опоккой. Поворотный механизм встряхивается столом и поворачивается на 180° в цапфах 7, опирающихся на сухари, при помощи пневмоцилиндра 10 и системы рычагов 9.

К стойкам прикреплены кронштейны рольганга 11 для приема изготовленной полуформы. Излишки смеси удаляются с опки скребком 4, приводимым в движение

пнеumoцилиндром 5. Опока удерживается на поворотном столе пневматическими зажимами 6.

*Кинематическая схема* машины представляется основными положениями механизмов. Исходное положение показано на рис. 12, а. При встряхивании (рис. 12, б) воздух из магистрали поступает под прессовый поршень, поднимает его вверх до упора и через открывшийся канал идет под встряхивающий поршень. Последний, двигаясь вместе со столом, поднимает поворотную плиту с опокой до тех пор, пока не произойдет выхлоп, затем стол возвращается в исходное положение и в конце падения ударяется о торец прессового поршня, уплотняя смесь в опоке. Цикл повторяется до отключения подачи воздуха. После встряхивания воздух удаляется из-под прессового поршня в атмосферу.

На следующем этапе воздух из магистрали поступает в пневмоцилиндр, шток которого с помощью рычагов передвигает скребок, срезающий излишки смеси с опоки (рис. 12, в). На опоку укладывается подопочный щиток, и воздух поступает в цилиндры пневматических зажимов, прижимая щитком опоку со смесью к поворотному столу (рис. 12, г).

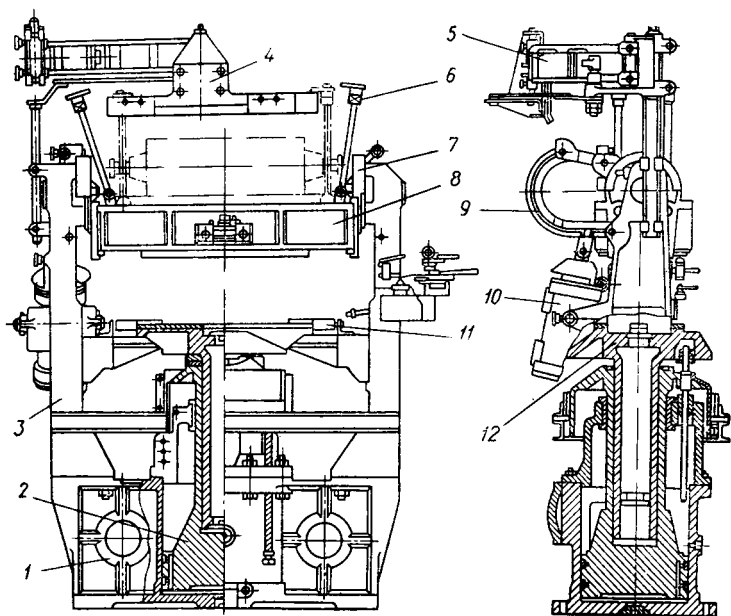


Рис. 11. Схема машины 253М:

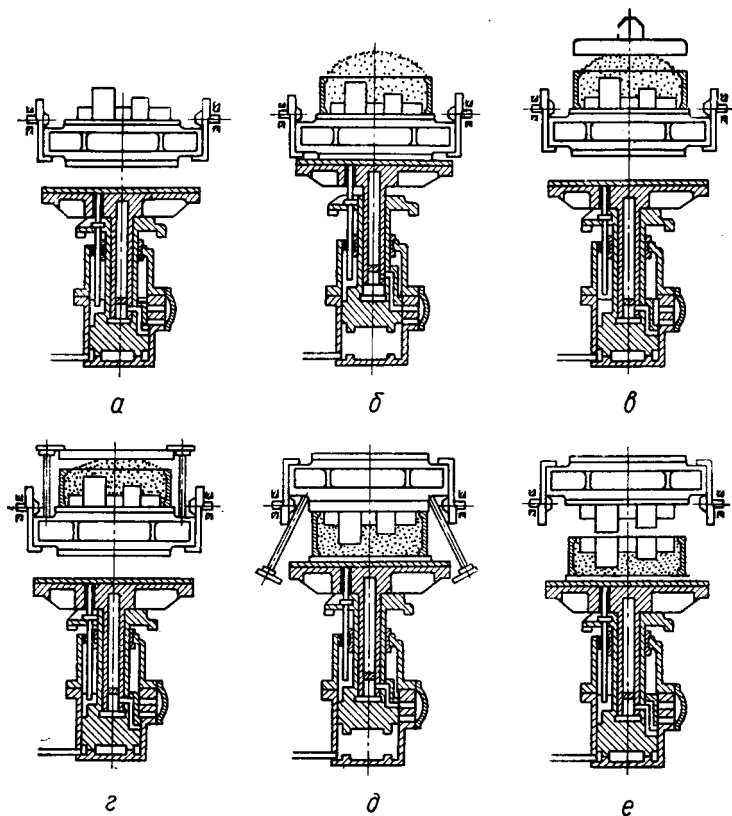


Рис. 12. Кинематическая схема формовочной машины 253М:  
 а — исходное положение; б — встряхивание; в — удаление излишка смеси; г — закрытие опоки щитком; д — поворот плиты и прессование; е — вытяжка

Затем воздух через воздухораспределитель подается в пневмоцилиндр поворота. Плита поворачивается на  $180^\circ$  (рис. 12, д), воздух поступает под прессовый поршень и поднимает его вверх вместе со встряхивающим столом до упора в перевернутую опоку. В результате происходит прессование, во время которого автоматически включаются вибраторы.

По окончании прессования воздух из-под прессового поршня выходит в атмосферу, пневмозажимы освобождают опоку, и встряхивающий стол вместе с опокой опускается,

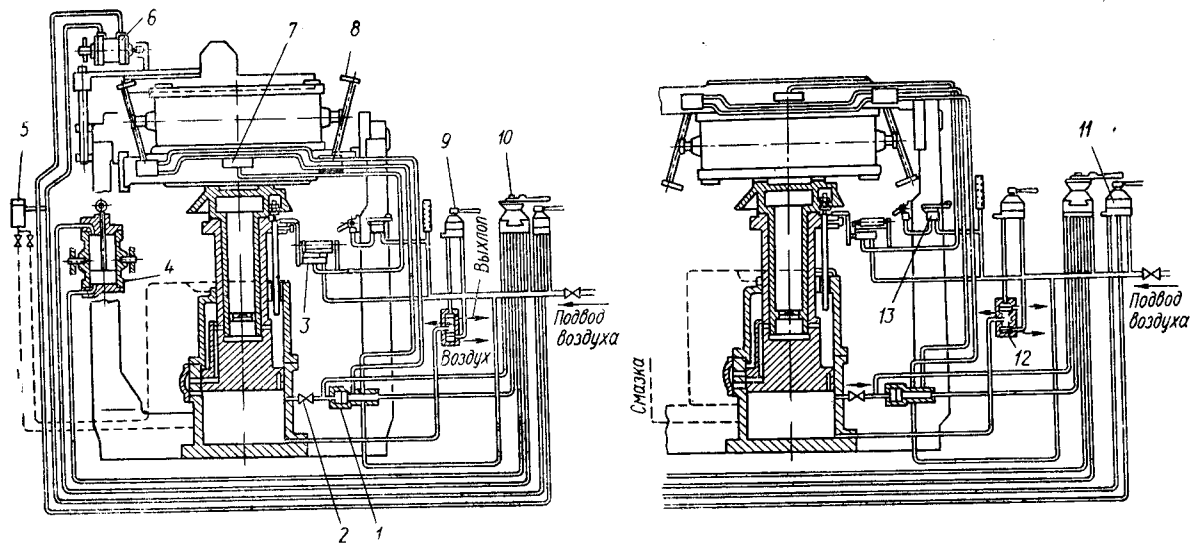


Рис. 13. Схема трубопроводов машины 253М:

1 — золотниковый клапан; 2 — обратный клапан; 3 — клапан управления вибраторами; 4 — цилиндр поворота стола; 5 — ба-  
 чок для смазки; 6 — цилиндр поворота скребка; 7 — вибраторы; 8 — пневматические зажимы; 9, 10, 11 — воздухораспреде-  
 делитель для управления встряхиванием, поворотным столом и скребком; 12 — пусковой клапан; 13 — клапан включения обдувоч-  
 ных соул



производя вытяжку (рис. 12, е). Опока ложится на ролики рольганга, стол возвращается в исходное положение.

*Схема управления и схема трубопроводов* показаны на рис. 13. Воздух распределителем 9 через клапан 12 направляется под прессовый поршень для встряхивания и подпрессовки. Плита поворачивается пневматическим цилиндром 4 с помощью воздухораспределителя 10. Вибраторы 7 и зажимы опок 8 располагаются внутри поворотного стола. Вибраторами управляет клапан 3, а зажимами — клапан 1. Обратный клапан 2 служит для запираания линии, идущей от распределителя 10 к клапану 1 и цилиндру зажимов. Скребок для удаления излишка смеси с опоки поворачивается пневмоцилиндром 6, управляемым краном 11. Обдувка модельной плиты и стола осуществляется соплом через клапан 13. Бачок 5 предназначен для подачи масла к трущимся частям машин.

## **Содержание отчета**

Кратко описать конструкцию машины, принцип ее работы, привести кинематическую схему, схему управления и техническую характеристику.

## **Контрольные вопросы**

1. Для чего предназначены машины 253М и 254М?
2. Чем различаются конструкции машин 253М и 266М?
3. Каково назначение клапана времени?
4. Расскажите о принципе работы клапана давления.
5. Для какой цели машина оборудована поворотной плитой?
6. Как определяется расход воздуха за один рабочий цикл?
7. По каким параметрам рассчитываются сечения впускного и выхлопного отверстий?

## **РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА**

Волкомич А. И., Лакшин А. П., Хазин Д. Л. Литейные машины. М., Машгиз, 1959. 464 с.

Аксенов Н. П., Аксенов П. Н. Оборудование литейных цехов. Т. 2. М., Машгиз, 1950. 534 с.

## Практическая работа 8

### ИЗУЧЕНИЕ ПРИНЦИПА РАБОТЫ ВСТРЯХИВАЮЩИХ МАШИН С ПЕРЕКИДНЫМ СТОЛОМ

#### Общие сведения

Формовочные машины с перекидным столом и приемным рольгангом применяются при изготовлении нижних полуформ и крупных стержней, требующих глубокой вытяжки. Относящиеся к этому типу машины 231М, 232М, 233М, 234М, 235С и 236М по принципу работы и конструкции не отличаются друг от друга и предназначены только для различных размеров опок. Техническая характеристика двух из них представлена в табл. 4.

Таблица 4. Техническая характеристика машин 231М и 232М

Основные параметры	231М	232М
Максимальный размер опок в свету, мм:		
длина	900	1000
ширина	500	660
высота	275	450
Производительность машины при полной механизации, опок в час	35—40	30—35
Грузоподъемность машины при 5 атм, кг	280	470
Размер поворотного стола, мм	590×1140	660×1200
Высота над уровнем пола, мм:		
поворотного стола	440	570
рольганга	480	600
Расстояние от перевернутого стола до рольганга, мм	675	876
Диаметры цилиндров механизмов, мм:		
встряхивающего	150	190
поворотного	330	460
вытяжного	115	150
Расход свободного воздуха на одну форму, м <sup>3</sup>	0,4	1
Масса, кг	1900	3900

*Конструкция и принципы работы машины 231М.* Она состоит из встряхивающего, перекидного и протяжного механизмов, смонтированных на одной раме. Опока устанавливается на модельную плиту, укрепленную на перекидном столе. После уплотнения формы встряхиванием с по-

следующей подтрамбовкой верхних слоев удаляется излишек смеси, и опока прижимается зажимами к модельной плите. Перекидной стол поворачивается рычажным механизмом на  $180^\circ$  и остается в верхнем положении. Приемный стол принимает на нивелирующее устройство освобожденную от зажимов опоку и производит протяжку. Опока опускается вниз на секцию рольганга. Рычажная система возвращает перекидной стол с подмодельной плитой на встряхивающий механизм. В начале протяжки включаются вибраторы. Поворотный и вытяжной механизмы приводятся в действие маслом, подаваемым в цилиндры механизмов из резервуаров и бачков сжатым воздухом. Схема трубопроводов машины показана на рис. 14.

Цель работы — изучить конструкцию, принцип работы машины, ее кинематическую схему, управление и схему трубопроводов.

Оборудование и инструмент: формовочная машина, таль грузоподъемностью 5 т, формовочная смесь, набор слесарных инструментов, метр, кронциркуль.

На кинематической схеме показаны основные положения механизмов машины. В состоянии покоя (рис. 15, а)

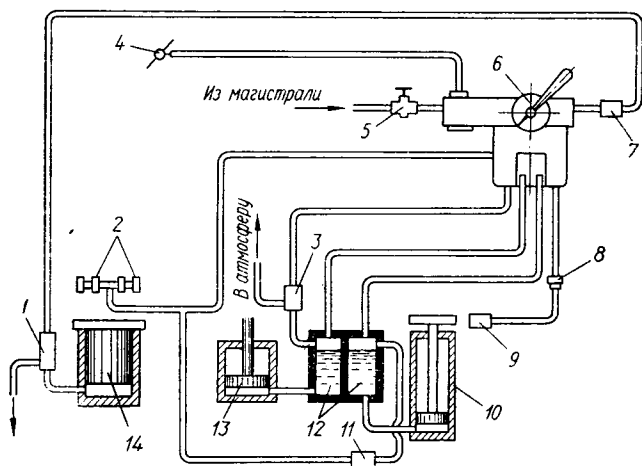


Рис. 14. Схема трубопроводов машины 231М:

1 — встряхивающий клапан; 2 — вибраторы; 3 — выхлопной клапан; 4 — обдувное сопло; 5 — кран подачи воздуха к машине; 6 — кран управления; 7 — автоматический клапан; 8 — обратный клапан; 9 — цилиндр нивелирующего устройства; 10 — цилиндр вытяжного механизма; 11 — клапан замедленного действия; 12 — масляные камеры; 13 — цилиндр поворота; 14 — встряхивающий поршень

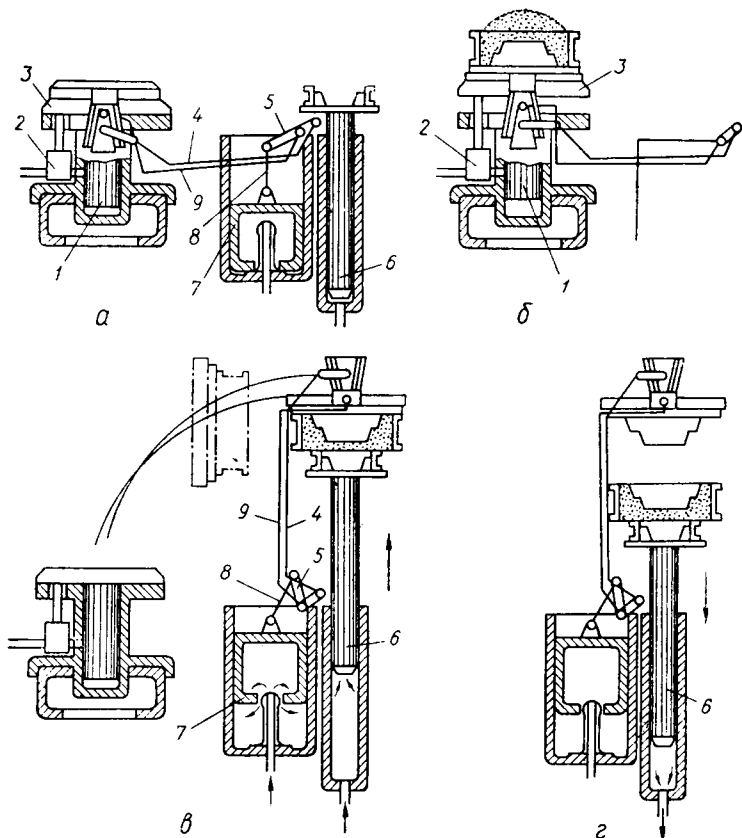


Рис. 15. Кинематическая схема машины 231М:

*a* — состояние покоя; *б* — встряхивание; *в* — перекидывание стола; *z* — освобождение формы от модели

проводятся все подготовительные работы. При встряхивании (рис. 15, б) из магистрали через клапан 2 воздух входит под поршень 1 и поднимает его вместе с перекидным столом 3 и опокой. На определенной высоте золотник клапана прекращает доступ воздуха и соединяет пространство под поршнем с атмосферой. Поршень опускается, происходит удар, и смесь уплотняется.

Для перекидывания стола с опокой и подъема приемного стола (рис. 15, в) масло под действием сжатого воздуха поступает под поршень 7 перекидного механизма. Поршень

поднимается и с помощью шатуна 8 и кривошипа 5 поворачивает вал. Рычаги 9 поднимают стол, а тяги 4 поворачивают его на 180°. Затем под действием воздуха масло поступает под поршень 6 приемного стола, который поднимается и прижимается к опоке.

При опускании приемного стола и освобождении формы от модели (рис. 15, 2) масло из-под поршня 6 выпускают, приемный стол медленно опускается и освобождает форму.

## **Содержание отчета**

Описать конструкцию и устройство основных узлов машины, указать их назначение, привести кинематическую схему, схему трубопроводов и техническую характеристику.

## **Контрольные вопросы**

1. Объясните назначение формовочных машин 231М.
2. Какие операции выполняет формовочная машина 231М?
3. Как устраняется перекоп опок при вытяжке?
4. Чем осуществляется доуплотнение смеси в форме?

## **РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА**

Аксенов Н. П., Аксенов П. Н. Оборудование литейных цехов. Т. 2. М., Машгиз, 1950. 534 с.

Волкомич А. И., Лакшин А. П., Хазин Д. Л. Литейные машины. М., Машгиз, 1959. 464 с.

## **Практическая работа 9**

### **РАСЧЕТ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ВСТРЯХИВАЮЩЕГО МЕХАНИЗМА ФОРМОВОЧНОЙ МАШИНЫ**

#### **Общие сведения**

К основным параметрам пневматических встряхивающих механизмов относятся площадь встряхивающего поршня, его ход, соотношение между объемами вредного пространства, наполнения и расширения воздуха, площадь сечения впускного и выпускного отверстий. Эти параметры определяют эффективность работы механизма.

Наиболее удобным методом изучения рабочего процесса и работы поршня является метод построения и анализа индикаторной диаграммы. Построить ее можно аналитически. Для этого по каждой фазе рабочего цикла (наполнение цилиндра, расширение воздуха, выхлоп и сжатие) необходимо составить и решить систему уравнений, чтобы получить аналитическую зависимость давления в цилиндре от пути движения поршня. Так как решение уравнений на основных участках впуска и выхлопа при переменном количестве воздуха в цилиндре связано с определенными трудностями (особенно для подкритических областей истечения), можно применить метод приближенного аналитического решения с последующим построением индикаторных диаграмм или метод приближенного построения индикаторных диаграмм по практическим данным. Последний учитывает общий характер протекания процесса на соответствующем участке цикла и те практические пределы положения узловых точек диаграмм, которые получаются в действительности, поэтому при проектировании машин такой метод дает довольно надежные результаты.

Цель работы — изучить методы построения индикаторных диаграмм встряхивающего механизма, выполнить и проанализировать расчет встряхивающего механизма, в котором воздухораспределение осуществляется двухседельным перекидным клапаном.

Оборудование и инструмент: формовочная встряхивающая машина с двухседельным клапаном (266М, 267М, 233М и т. п.), набор слесарных инструментов, счетная машина типа «Электроника», чертежные принадлежности, планиметр.

### Порядок выполнения работы

Для расчета встряхивающего механизма примем:

1. Полезная нагрузка  $Q_0 = 1200$  кг.
2. Масса подвижной системы встряхивающего механизма согласно практическим данным  $Q_1 = 0,5Q_0 = 0,5 \times 1200 = 600$  кг.
3. Общая масса поднимаемых частей механизма  $Q = Q_0 + Q_1 = 1200 + 600 = 1800$  кг.
4. Сила трения во встряхивающем механизме  $R = (0,15 - 0,25)Q = 0,2 \cdot 1800 = 360$  кг.
5. При первом ходе встряхивающего поршня вверх давление сжатого воздуха  $p_1$  должно преодолеть сопротив-

ление движению  $(Q + R)/F$  ( $F$  — площадь встряхивающего поршня).

Величина  $F$  составляет  $(0,5—0,6)Q_0$ , т. е.  $0,5—0,6 \text{ см}^2$  на 1 кг полезной нагрузки. Следовательно,  $F = 0,6Q_0 = 0,6 \cdot 1200 = 720 \text{ см}^2$ .

6. Диаметр встряхивающего поршня

$$D_n = \sqrt{\frac{4F}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 720}{3,14}} = 30,5 \text{ см.}$$

Конструктивно принимаем  $D_n = 330 \text{ мм}$ .

Из равенства  $p_1 F = Q + R$  определим необходимое минимальное избыточное давление

$$p_1 = (Q + R)/F = (1800 + 360)/720 = 3 \text{ кг/см}^2.$$

Для встряхивающего механизма наиболее рациональным и экономичным является воздухораспределение с помощью двухседельного или золотникового клапана. Построение индикаторных диаграмм в этом случае осуществляется по практическим данным. При определении наиболее экономичного рабочего процесса встряхивающего механизма анализируется несколько вариантов индикаторных диаграмм и выбирается для дальнейших расчетов тот, который обеспечит самые высокие показатели. Обычно высота встряхивания находится в пределах 50—90 мм; для нашего примера примем три варианта: 50, 60 и 70 мм.

Определим координаты характерных точек индикаторной диаграммы (табл. 5).

Давление в точке 2 находится в пределах  $p_2 = p_1 + (0,5—1) = 3 + 1 = 4 \text{ ат}$ ; для точек 3 и 4 принимаем  $p_3 = 0,2 \text{ ат}$ ,  $p_4 = 0,1 \text{ ат}$ .

Таблица 5. Координаты характерных точек индикаторных диаграмм

Точка диаграммы	Принятые данные для расчета	Значения расчетных величин для высоты встряхивания, S, мм		
		50	60	70
Приведенная высота вредного пространства Ход: наполнения предварительного впуска за счет инерции	$S_0 = (0,15 — 0,3) S = 0,2S$	10	12	14
	$S_2 = (0,6 — 0,7) S = 0,65S$ $S_z = 0,2S$	32,5 10	39 12	45,5 14
	$S_i = (0,3 — 0,4) S = 0,35S$	17,5	21	24,5

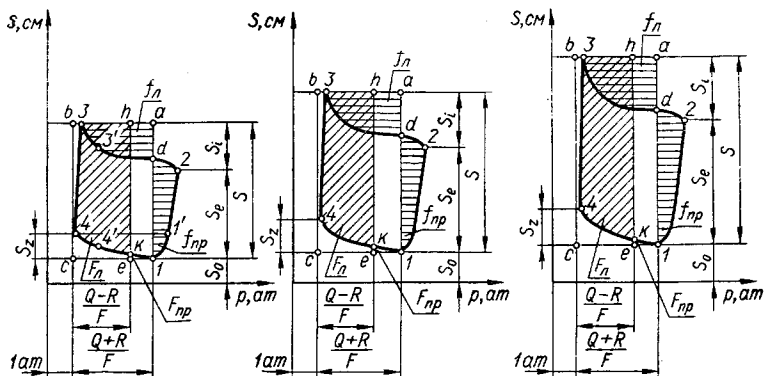


Рис. 16. Индикаторные диаграммы встряхивающего механизма при ходе поршня  $S$ , равном 50 мм (а), 60 мм (б) и 70 мм (в)

По полученным данным строим индикаторные диаграммы, на которых по оси абсцисс откладываем давление  $p$  под поршнем, а по оси ординат — положение поршня  $S$  (рис. 16). Точка 1 — начало движения поршня вверх при давлении  $(Q + R)/F$ . При последующих перемещениях вверх давление в точке 1 может быть несколько меньше этой величины, так как кроме силы давления сжатого воздуха на поршень в начале хода действует еще и сила упругого восстановления соударяющихся частей машины. Линия 1—2 изменяется по закону параболы. Поэтому, определив положение точки 2, строим параболообразную кривую 1—2. Кривая 2—3 строится по координатам точки 3, которая находится левее точки  $h$ .

Во время перемещения поршня вниз движущей является сила  $Q - R$ , а силой сопротивления — противодействие воздуха под поршнем  $p_3 F$ . Дополнительное условие для построения кривой 2—3 вытекает из рассмотрения баланса работы при подъеме поршня.

Удельная работа, отнесенная к 1 см<sup>2</sup> площади поршня и сообщенная ему на пути 1—3, складывается из работы сжатого воздуха  $a_{сж.в}$  и энергии отражения стола  $e'$  после предшествующего удара. Вся работа расходуется на преодоление сил сопротивления  $(Q + R)/F$  на пути  $S$ . Следовательно,

$$a_{сж.в} + e' = \frac{Q + R}{F} S.$$



Заменим величину  $a_{сж.в}$  эквивалентной площадью  $123bc$ , а выражение  $(Q + R) S/F$  — площадью  $1abc$ . Тогда получим  $e' = Плda3 - Пл12d = f_{л} - f_{пр}$ .

При движении поршня вниз на участке 3—4 продолжится выхлоп и дальнейшее падение давления в цилиндре. В точке 4 выхлопное отверстие закрывается. На участке 4—1 происходит предварительный впуск воздуха в цилиндр.

Работа действующих сил во время падения стола составляет  $\frac{Q-R}{F} Sp$  и выражается площадью  $ehbc$ . Если из этой работы вычесть сопротивление воздуха под поршнем, которому соответствует площадь  $341cb$ , то получим удельную энергию удара  $e$  на  $1 \text{ см}^2$  площади поршня:

$$e = Плehbc - Пл341cb \text{ или } e = F_{л} - F_{пр},$$

где  $F_{л} = Плh34k$ ;  $F_{пр} = Пл1ke$ .

Таблица 6. Расчет по индикаторным диаграммам

Показатель	Формула	Высота встряхивания, мм		
		50	60	70
Удельная энергия, $\text{кг} \times \text{см}/\text{см}^2$ : удара	$e = F_{л} - F_{пр}$	9	10,2	11,2
отражения	$e' = f_{л} - f_{пр}$	0,9	1	1,3
Энергия удара на 1 кг падающих частей, $\text{кг} \cdot \text{см}/\text{кг}$	$e_0 = \frac{eF}{Q}$	3,6	4,08	4,48
Энергия отражения на 1 кг падающих частей, $\text{кг} \cdot \text{см}/\text{кг}$	$e'_0 = \frac{f'F}{Q}$	0,36	0,4	0,52
Соотношение энергии отражения к энергии удара на 1 кг падающих частей, %	$\frac{e'_0}{e_0} 100$	10	9,8	11,6
Коэффициент использования потенциальной энергии удара	$\eta = \frac{e_0}{S}$	0,72	0,68	0,64
Количество воздуха в цилиндре, $\text{см}^3$ : в начале выхлопа	$V_H = F(S_0 + S_e)(p_2 + 1)$	15 300	18 360	21 420
в конце выхлопа	$V_K = F(S_0 + S_2)(p_4 + 1)$	1584	1900	2220
Расход воздуха на один цикл, $\text{м}^3$	$V = V_H - V_K$	0,014	0,016	0,019

По полученным индикаторным диаграммам (для  $S = 50, 60, 70$  мм) путем замера определяем соответствующие площади индикаторной диаграммы, а затем удельную энергию удара и отражения и другие показатели работы (табл. 6).

Из трех рассмотренных вариантов рабочего процесса встряхивающего механизма лучшие показатели по коэффициенту использования потенциальной энергии ( $\eta = 0,72$ ) и минимальному расходу воздуха на одно встряхивание ( $V = 0,014$  м<sup>3</sup>) получены при ходе поршня  $S = 50$  мм, поэтому дальнейшие расчеты будем осуществлять для этого варианта.

Чтобы определить время движения, скорости и ускорения поршня, разбиваем индикаторную диаграмму на горизонтальные участки (замеряем с помощью планиметра площади под соответствующими отрезками диаграммы до атмосферной линии) и находим среднее индикаторное давление на этих участках (табл. 7).

Таблица 7. Расчет давления на отдельных участках индикаторной диаграммы

Участок	Длина хода, мм	Площадь участка, мм <sup>2</sup>	Среднее индикаторное давление, ати
<i>Ход вверх:</i> 1—1'	$S_{1-1'}=10$	$f_{1-1'}=340$	$p_{1-1'} = \frac{f_{1-1'}}{S_{1-1'}m} = \frac{340}{10 \cdot 10} = 3,4$
1'—2	$S_{1'-2}=22,5$	$f_{1'-2}=855$	$p_{1'-2} = \frac{f_{1'-2}}{S_{1'-2}m} = \frac{855}{22,5 \cdot 10} = 3,8$
2—3'	$S_{2-3'}=7,5$	$f_{2-3'}=200$	$p_{2-3'} = \frac{f_{2-3'}}{S_{2-3'}m} = \frac{200}{7,5 \cdot 10} = 2,5$
3'—3	$S_{3'-3}=10$	$f_{3'-3} = 60$	$p_{3'-3} = \frac{f_{3'-3}}{S_{3'-3}m} = \frac{60}{10 \cdot 10} = 0,6$
<i>Ход вниз:</i> 3—4	$S_{3-4}=40$	$f_{3-4}=45$	$p_{3-4} = \frac{f_{3-4}}{S_{3-4}m} = \frac{45}{40 \cdot 10} = 0,11$
4—4'	$S_{4-4'}=6$	$f_{4-4'}=27$	$p_{4-4'} = \frac{f_{4-4'}}{S_{4-4'}m} = \frac{27}{6 \cdot 10} = 0,45$
4'—1	$S_{4'-1}=4$	$f_{4'-1}=60$	$p_{4'-1} = \frac{f_{4'-1}}{S_{4'-1}m} = \frac{60}{4 \cdot 10} = 1,5$

Примечание.  $m$  — масштаб диаграммы.

Последующий расчет осуществляем также по участкам, начиная с верхнего положения поршня (точка 4), чтобы учесть энергию отражения стола (табл. 8).

Проверим длину хода  $3' - 3$ :

$$h_{3'-3} = v_3 t_{3'-3} + \frac{j_{3'-3} t_{3'-3}^2}{2} = 0,88 \cdot 0,0879 + \frac{10,1 \cdot 0,0879^2}{2} = 0,0112 \text{ м} = 11,2 \text{ мм.}$$

В действительности  $h_{3'-3} = 10$  мм. Расхождение составляет 2,4%, что вполне допустимо.

Время цикла  $t_{ц} = t_{3-4} + t_{4-4'} + t_{4'-1} + t_{1-1'} + t_{1'-2} + t_{2-3'} + t_{3'-3} = 0,1 + 0,0083 + 0,0028 + 0,008 + 0,021 + 0,009 + 0,0879 = 0,2378$  с.

Число ударов стола встряхивающего механизма в минуту  $n = 60 : 0,2378 = 250$ .

*Расчет сечений впускного и выпускного отверстий.* Количество воздуха, вошедшего в цилиндр на пути 1—2, приведенное к давлению сети  $p_0$  ата, можно определить из уравнения

$$V_{1-2} = V_{к} - V_{н},$$

где  $V_{н}$  — количество воздуха в объеме вредного пространства (точка 1),  $\text{см}^3$ ;

$V_{к}$  — количество воздуха в конце хода наполнения (точка 2),  $\text{см}^3$ .

Определим величины  $V_{н}$  и  $V_{к}$ :

$$V_{н} = F S_0 \frac{p_1}{p_0} = 720 \cdot 1 \frac{3+1}{6} = 480 \text{ см}^3;$$

$$V_{к} = F (S_0 + S_2) \frac{p_2}{p_0} = 720 (1 + 3,25) \frac{4+1}{6} = 2550 \text{ см}^3.$$

Таким образом,  $V_{1-2} = 2550 - 480 = 2070 \text{ см}^3 = 0,00207 \text{ м}^3$ .

Сечение впускного отверстия вычисляется по формуле  $f_{вп} = V_{1-2} / c_{вп} t_{1-2}$ . Для выпуска необходима скорость воздуха  $c_{вп} = 20 - 40$  м/с. В наших расчетах принимаем  $c_{вп} = 35$  м/с, тогда  $f_{вп} = \frac{0,00207}{35 \cdot 0,034} = 0,0016 \text{ м}^2 = 16 \text{ см}^2$ .

Выхлоп воздуха осуществляется на участке 2—4. Сечение выхлопного отверстия рассчитывается по скорости воздуха, равной 10—15 м/с, или принимается по практическим данным:  $f_{вых} \approx 3 \div f_{вп} = 3 \cdot 16 = 48 \text{ см}^2$ .

Таблица 8. Расчетная ведомость основных показателей по участкам индикаторной диаграммы

Участок диаграммы	Среднее усилие. Действующее на поршень, кг	Среднее ускорение, м/с <sup>2</sup>	Время хода стола, с	Скорость в конечной точке участка, м/с
3-4	$W_{3-4} = Q - R =$ $- p_{3-4} F = 1800 - 360 =$ $- 0,11 \cdot 720 = 1360$	$i_{3-4} = \frac{W_{3-4}}{M} = \frac{1360}{170} =$ $= 8$	$h_{3-4} = v_3 t_{3-4} + \frac{j_{3-4} t_{3-4}^2}{2}$ $t_{3-4} = \sqrt{\frac{2h_{3-4}}{j_{3-4}}} =$ $= \sqrt{\frac{2 \cdot 0,04}{8}} = 0,1$ <p style="text-align: center;">при <math>v_3 = 0</math></p>	$v_4 = j_{3-4} t_{3-4} =$ $= 8 \cdot 0,1 = 0,8$
4-4'	$W_{4-4'} = Q - R =$ $- p_{4-4'} F = 1800 - 360 =$ $- 0,45 \cdot 720 = 1020$	$i_{4-4'} = \frac{W_{4-4'}}{M} = \frac{1020}{170} =$ $= 6$	$h_{4-4'} = v_4 t_{4-4'} + \frac{j_{4-4'} t_{4-4'}^2}{2}$ $t_{4-4'} =$ $0,8 \pm \sqrt{\frac{0,64 + 4 \cdot 3 \cdot 0,006}{6}} =$ $= 0,0066;$	$v_{4'} = v_4 + j_{4-4'} t_{4-4'} =$ $= 0,8 + 6 \cdot 0,0066 =$ $= 0,804;$

$$\begin{aligned}
 W_{4'-1} &= Q - R - \\
 - p_{4'-1}F &= 1800 - 360 - \\
 - 1,5 \cdot 720 &= 360
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 i_{4'-1} &= \frac{W_{4'-1}}{M} = \frac{360}{170} = \\
 &= 2,12;
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 h_{4'-1} &= v_4 t_{4'-1} + \\
 &+ \frac{i_{4'-1} t_{4'-1}^2}{2} \\
 t_{4'-1} &= \\
 \frac{-0,804 \pm \sqrt{0,641 + 4 \cdot 1,06 \cdot 0,004}}{2,12} \\
 &= 0,003;
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 v_i &= v_{4'} + i_{4'-1} t_{4'-1} = \\
 &= 0,804 + 2,12 \times \\
 &\times 0,003 = 0,81
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 W_{1-1'} &= p_{1-1'}F - Q - \\
 - R &= 3,4 \cdot 720 - \\
 - 1800 - 360 &= 288
 \end{aligned}$$

$$i_{1-1'} = \frac{288}{170} = 1,7$$

$$\begin{aligned}
 h_{1-1'} &= v_1 t_{1-1'} + \\
 &+ \frac{i_{1-1'} t_{1-1'}^2}{2}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 v_{1-1'} &= v_1 + i_{1-1'} t_{1-1'} = \\
 &= 0,81 + 0,71 \times \\
 &\times 0,012 = 0,83
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 t_{1-1'} &= \\
 \frac{-1,62 \pm \sqrt{2,6 + 4 \cdot 1,7 \cdot 0,02}}{3,4} \\
 &= 0,012
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 W_{1'-2} &= p_{1'-2}F - Q - \\
 - R &= 3,8 \cdot 720 - \\
 - 1800 - 360 &= 576
 \end{aligned}$$

$$i_{1'-2} = \frac{576}{170} = 3,32$$

$$\begin{aligned}
 h_{1'-2} &= v_1 t_{1'-2} + t_{1'-2}^2 i_{1'-2} \\
 t_{1'-2} &= \\
 \frac{-0,83 \pm \sqrt{0,665 + 4 \cdot 1,66 \cdot 0,225}}{3,32}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 v_{1'-2} &= v_1 + \\
 &+ i_{1'-2} t_{1'-2} = 0,83 + \\
 &+ 3,32 \cdot 0,021 = 0,9
 \end{aligned}$$

$$= 0,021$$

∴

Участок диаграммы	Среднее усилие, действующее на поршень, кг	Среднее ускорение, м/с <sup>2</sup>	Время хода стола, с	Скорость в конечной точке участка, м/с
2-3'	$W_{2-3'} = p_{2-3'}F - Q - R = 2,5 \cdot 720 - 1800 - 360 = -360$	$j_{2-3'} = \frac{-360}{170} = -2,12$	$h_{2-3'} = v_2 t_{2-3'} + \frac{j_{2-3'} t_{2-3'}^2}{2}$ $t_{2-3'} = \frac{0,9 \pm \sqrt{0,81 - 4 \cdot 1,06 \cdot 0,0075}}{2,12} = \frac{0,02}{2,12} = 0,009$	$v_{3'} = v_2 + j_{2-3'} t_{2-3'} = 0,9 - 2,12 \cdot 0,83 = -0,71$ $v_{3''} = v_2 + j_{2-3'} t_{2-3'} = 0,9 - 2,12 \cdot 0,009 = 0,88$
3'-3	$W_{3'-3} = p_{3'-3}F - Q - R = 432 - 1800 - 360 = -1728$	$j_{3'-3} = -\frac{1728}{170} = -10,1$	$t_{3'-3} = \frac{v_{3'}}{j_{3'-3}} = \frac{0,88}{10,1} = 0,0879$	$v_3 = v_{3'} + j_{3'-3} t_{3'-3}, \text{ так как } v_3 = 0$

Примечание.  $M = \frac{Q}{g} = 170 \text{ кгс}^2/\text{м}$  — масса падающих частей.

Расчет поршня на прочность встряхивающего механизма ведется с учетом динамических растягивающих напряжений, возникающих в опасном сечении поршня  $AB$  (рис. 17). В момент удара кинетическая энергия части поршня, расположенной ниже этого сечения, составляет  $Q_{AB}e_0$  ( $Q_{AB}$ — масса поршня ниже опасного сечения, кг;  $e_0$ — удельная энергия удара, приходящаяся на 1 кг падающих частей). Для нашего примера  $e_0 = 3,6$  (кг · см)/кг.

Эта энергия превращается в работу упругой деформации растяжения

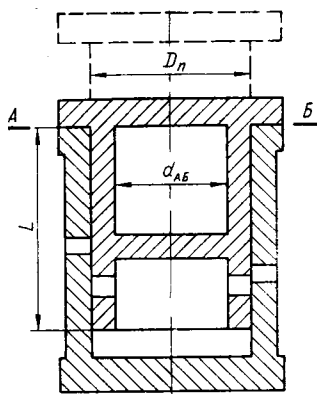


Рис. 17. Схема расположения опасного сечения поршня

$$\frac{1}{2} F_{\min} \sigma_{\max} L \frac{\sigma_{\max}}{2E},$$

где  $F_{\min}$  — площадь опасного сечения поршня, см<sup>2</sup>;

$\sigma_{\max}$  — максимальное напряжение растяжения в опасном сечении. (Для чугуна  $\sigma_{\max} = 240 - 400$  кг/см<sup>2</sup>, а для стали  $\sigma_{\max} = 350 - 600$  кг/см<sup>2</sup>);

$L$  — длина от нижней кромки поршня до опасного сечения, см;

$E$  — модуль упругости материала поршня. (Для литой стали  $E = 2,2 \cdot 10^6$  кг/см<sup>2</sup>).

Таким образом, можно записать

$$Q_{AB}e_0 = \frac{1}{4} F_{\min} \sigma_{\max} L \frac{\sigma_{\max}}{E} \text{ или } F_{\min} = \frac{4Q_{AB}e_0E}{L\sigma_{\max}^2}.$$

Если принять  $L = 80$  см и  $Q_{AB} = 175$  кг, то площадь опасного сечения встряхивающего поршня

$$F_{\min} = \frac{4 \cdot 175 \cdot 3,6 \cdot 2,2 \cdot 10^6}{80 \cdot 400^2} = 438 \text{ см}^2.$$

При  $D_p = 330$  мм внутренний диаметр встряхивающего поршня  $d_{AB} = 100$  мм. Тогда  $F = \frac{(D_p - d_{AB}) \pi}{4} = \frac{(33 - 10,0)^2 \cdot 3,14}{4} = 415 \text{ см}^2$ . Это вполне допустимо для поршня, изготовленного из стали.

## **Содержание отчета**

По заданным исходным данным произвести полный расчет встряхивающего механизма формовочной машины, сделать анализ результатов, выбрать более экономичный вариант по ходу поршня и обосновать его. Построить индикаторные диаграммы и начертить эскиз определения опасного сечения. Подобрать модель существующей машины согласно расчетным данным.

### **Контрольные вопросы**

1. Проанализируйте существующие методы расчета встряхивающего механизма по индикаторной диаграмме.
2. Как строится индикаторная диаграмма?
3. Каким образом выражается работа на индикаторной диаграмме?
4. Почему предварительный расчет проводится по нескольким ходам поршня?
5. Как определяется величина сечения впускного и выпускного отверстий для сжатого воздуха?

### **РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА**

Аксенов Н. П., Аксенов П. Н. Оборудование литейных цехов. Т. 2. М., Машгиз, 1950. 534 с.

Аксенов П. Н. Оборудование литейных цехов. М., Машиностроение, 1977. 509 с.

Анащенко Н. Н., Пепенко В. Д. Расчет оборудования литейных цехов. Харьков, Изд-во Харьк. ун-та, 1963. 147 с.

Аксенов П. Н. Расчеты основных видов литейного оборудования. М., Машгиз, 1947. 96 с.

## **Практическая работа 10**

### **ИЗУЧЕНИЕ ПЕСКОСТРЕЛЬНОЙ МАШИНЫ 348**

#### **Общие сведения**

При уплотнении смеси пескодувным способом формовочная или стержневая смесь транспортируется воздухом в стержневой ящик или опоку и, заполняя их, уплотняется. Освободившийся воздух удаляется через специальные отверстия — венты.

Пескодувные машины классифицируются по способу надува, принципу работы и назначению.



По способу надува они бывают с открытой и закрытой системами надува. Недостатком машин с открытой системой надува является разброс смеси в горизонтальном направлении при заполнении стержневого ящика. Их применяют для изготовления простых стержней из химически твердеющих и песчано-смоляных смесей.

Машины с закрытой системой надува бывают с верхним, нижним и боковым направлениями дутья. Первые используют при изготовлении простых и сложных стержней из песчаных, песчано-глинистых, песчано-смоляных и химически твердеющих смесей, а вторые — для выработки небольших оболочковых стержней из песчано-смоляных смесей в нагретых стержневых ящиках. В машинах с боковым дутьем сжатый воздух действует только на часть объема смеси в резервуаре, снижая возможность ее зависания.

По принципу работы машины делятся на пескодувные и пескострельные. В пескодувных стержни (формы) изготавливаются при интенсивном смешивании воздуха со смесью. В результате расходуеться большое количество воздуха, фильтрация его сквозь массу стержня вызывает повышенный абразивный износ стенок ящика (модели).

В пескострельных машинах смесь из резервуара машины выбрасывается мгновенно при максимальном давлении воздуха. Расход последнего поэтому ниже, а износ стенок ящика (модели) меньше из-за отсутствия фильтрации.

По назначению пескодувные машины делятся на стержневые и формовочные.

На рис. 18 показано изменение степени уплотнения смеси по высоте стержневого ящика. Из графика следует, что при расположении вентиляционных отверстий снизу максимальное уплотнение смеси происходит в нижней части ящика, где кинетическая энергия струи и перепад давления максимальные. По мере приближения кверху ящика

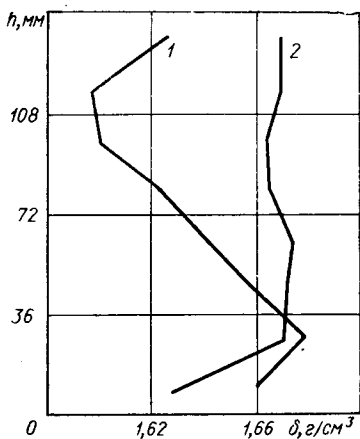


Рис. 18. Изменение степени уплотнения смеси по высоте стержневого ящика при нижней (кривая 1) и верхней (кривая 2) вентиляции

степень уплотнения уменьшается, так как снижаются скорость струи и перепад давления (кривая 1). Если вентиляционные отверстия находятся в верхней части стержневого ящика, то плотность увеличивается и выравнивается по высоте (кривая 2).

Кинетика процесса истечения песчано-воздушной смеси зависит от изменения давления в системе «резервуар машины — стержневой ящик» и состояния смеси в этот период.

График изменения давления в резервуаре машины при выдуве смеси показан на рис. 19. Характер изменения кривой на участке 0—1 зависит от начального давления воздуха в воздухохоборнике, сечения воздухопровода и суммарного сечения вдувных отверстий, а на участке 1—3, кроме того, от объема и степени вентиляции стержневого ящика (формы). На участке 3—4 давление в резервуаре после закрытия вдувного клапана и открытия выхлопного падает.

Полуавтоматическая пескострельная машина 348 предназначена для изготовления мелких стержней массой до 2,5 кг в массовом, серийном и индивидуальном производстве.

#### Техническая характеристика машины 348

Рабочий цикл машины, с	3—4
Максимальные размеры стержневого ящика, мм	300×250×300
Расчетная производительность, съемов в час	360
Объем рабочего резервуара, л	2,8
Размеры стола, мм	300×250
Максимальный ход подъемного стола, мм	150
Ход зажимного устройства, мм	5
Давление воздуха в сети, кг/см <sup>2</sup>	5—6
Габариты машины, мм	920×645×1465
Масса машины, кг	420

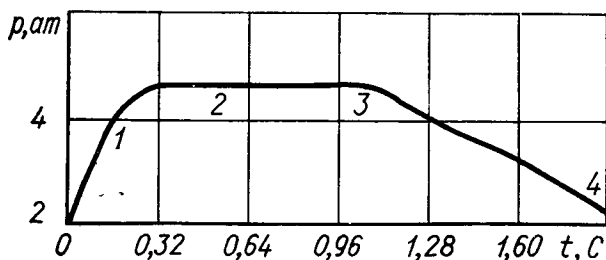


Рис. 19. График изменения давления в резервуаре машины

Цель работы — изучить конструкцию, принцип работы машины, составить пневматическую схему.

Оборудование и инструмент: пескострельная машина 348, ручная таль грузоподъемностью 0,5 т, стержневая смесь, набор слесарных инструментов, манометр.

### Порядок выполнения работы

Для изучения *конструкции* машины 348 рассмотрим полуавтоматическую пескострельную установку (рис. 20), состоящую из станины 1, на которой смонтирован стол 2 с пневматическим зажимом 4 и пескострельная головка 5. В передней части головки расположены пусковая кнопка 6 и манометр 7. К задней стенке прикреплен клапан 8, а сверху установлен пневмоцилиндр шибера 9 и лоток 12 с вибратором 13. Лоток крепится резиновым амортизатором 10 и втулкой 11. Для нормальной работы машины в воздушной магистрали предусмотрен водоотделитель 3. На рабочем столе размещен стержневой ящик, который крепится зажимами.

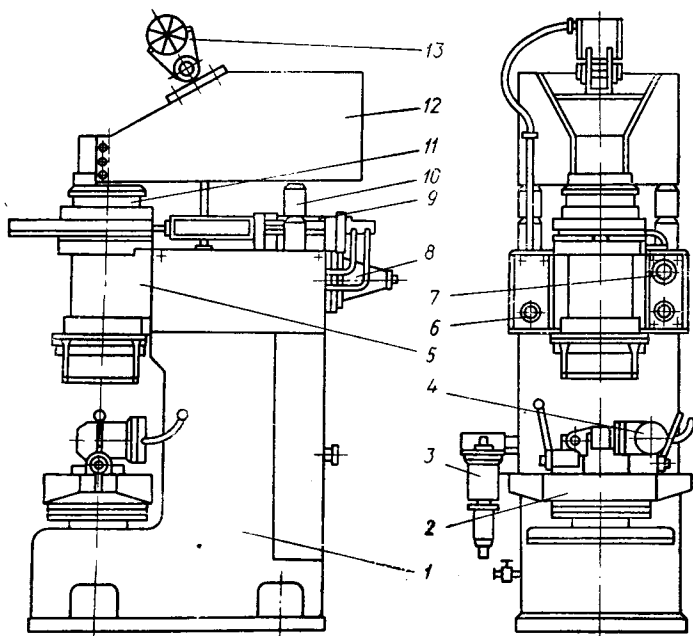


Рис. 20. Общий вид пескострельной машины 348

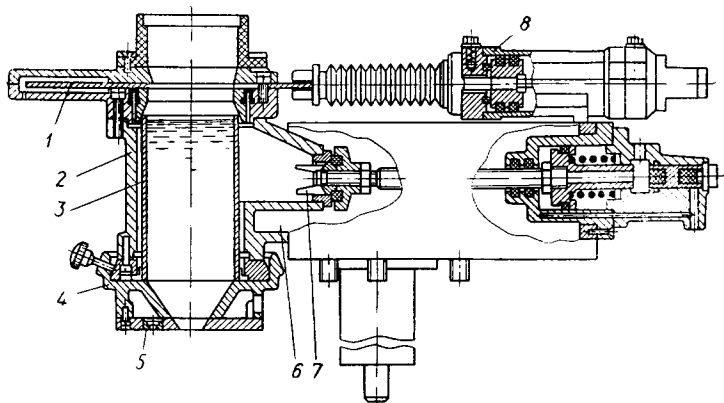


Рис. 21. Пескострельная головка машины 348

Пескострельная головка (рис. 21) состоит из корпуса 2, щелевой обечайки 3, которая образует рабочий резервуар, заполняемый стержневой смесью через виброток. К головке снизу прикреплена коническая насадка 4 (сменная с выпускным отверстием диаметром 35 мм или щелевая размером 10 × 210 мм). Правая часть корпуса снабжена ресивером 6 с вдвунным клапаном 7. Перед выстрелом пневмоцилиндр 8 закрывает шибером 1 отверстие в верхней части резервуара, а после выстрела открывает его для заполнения стержневой смесью. Расстояние между столом и насадкой выбирается с помощью поджимного цилиндра. При нажатии на пусковую кнопку воздух поступает в полость цилиндра, поднимает поршнем втулку со столом, прижимая стержневой ящик к надувной плите 5. Во время выстрела ящик зажимается клиновым устройством. Возврат клина и поршня в исходное положение осуществляется пружинами.

*Пневматическая схема* (рис. 22). Воздух из сети проходит через водоотделитель *ВО1*, редукционный клапан *РК* и лубрикатор *М* к пусковой кнопке *ПК* и клапанам *ПК2*, *ПК3*, *ПК4*. Предусмотрен также отдельный подвод воздуха от сети к пескострельному резервуару. При нажатии на кнопку *ПК* воздух перебрасывает золотник *ПК3* влево и проходит последовательно в цилиндр тисков *Ц2* зажимов стержневого ящика, цилиндр стола *Ц3* и штоковую полость цилиндра шибера *Ц1*. В результате зажимается стержневой ящик, поджимается к надувной плите и закрывается шибер.

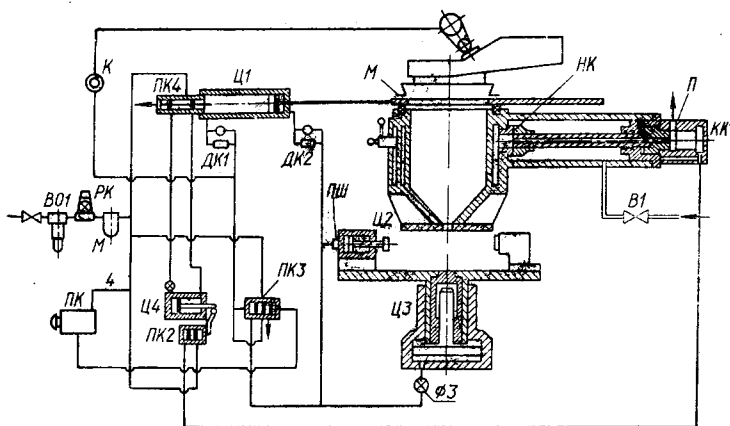


Рис. 22. Пневматическая схема машины 348

Ход шибера регулируется дросселем *ДК1*. В конце хода шибера золотник клапана *ПК4* перемещается влево, и воздух из сети поступает в бесштоковую полость цилиндра реле времени *Ц4*. Шток цилиндра перемещается вправо и копиром нажимает на рычаг, который перемещает золотник клапана *ПК2* влево. При этом воздух, поступая к комбинированному клапану *КК*, закрывает плунжером *П* выхлопное отверстие, открывает надувной клапан *НК* и прижимает манжету *М* к шиберу (для герметичности). Происходит надув стержневой смеси в ящик. После того как копир пройдет рычаг, золотник клапана *ПК2* возвращается в исходное положение и прекращает подачу воздуха к *НК*, который под действием пружины закрывается, прекращая надув. Отверстие выхлопа открывается, и осуществляется выхлоп. В конце хода штока цилиндр *Ц4* копира перемещает золотник клапана *ПК3* вправо, соединяя цилиндры зажимов *Ц2*, стола *Ц3* и штоковую полость цилиндра шибера *Ц1* с атмосферой. Ящик освобождается, и стол опускается. Одновременно с этим воздух через клапан *ПК3* поступает в бесштоковую полость цилиндра шибера, открывая последний, и затем к vibratorу, с помощью которого стержневая смесь перемещается по лотку в пескодувный резервуар. При открытии шибера золотник клапана *ПК4* под действием пружины движется вправо, воздух из магистрали поступает в штоковую полость цилиндра *Ц4*, возвращая

шток с копиром в исходное положение. Длительность цикла регулируется дросселями ДК1 и ДК2 цилиндров Ц4 и Ц1. Пневмоштепсель ПШ отключает цилиндр зажима стержневого ящика.

## **Содержание отчета**

Кратко изложить принцип действия и устройство машины, описать пневматические схемы, организацию работы на участке изготовления стержней, преимущества пескострельной машины перед пескодувной.

## **Контрольные вопросы**

1. Изложите классификацию пескодувных машин.
2. Чем отличается пескодувная машина от пескострельной?
3. Расскажите об устройстве и принципе работы механизма надува.
4. Как осуществляется зажим стержневого ящика?
5. Какие параметры оказывают влияние на уплотнение смеси в стержневом ящике?

## **РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА**

Ракогон В. Г. Теория и практика изготовления стержней пескодувным способом. М., Машгиз, 1962. 184 с.

## **Практическая работа 11**

### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПЕСКОСТРЕЛЬНОГО МЕХАНИЗМА**

#### **Общие сведения**

Исходными данными для определения основных параметров пескострельного механизма являются: масса стержня, размеры стержневого ящика и давление воздуха в сети (заносятся в таблицу).

Цель работы — изучить методику расчета основных конструктивных параметров пескострельной машины.

Оборудование и инструмент: счетная машина типа «Электроника», чертежные принадлежности.

Таблица 9. Основные параметры пескострельного механизма

Наименование параметров	Рекомендуемые формулы	Расчет
Диаметр гильзы, мм	$D = (90 - 100) \sqrt[3]{G}$	$D = 100 \sqrt[3]{9} = 205$
Высота части гильзы, мм:		
верхней	$H_B = (0,4 - 0,5) D$	$H_B = 0,5 \cdot 205 = 102,5$
нижней	$H_H = (1,5 - 1,8) D$	$H_H = 1,6 \cdot 205 = 328$
Диаметр проходного отверстия клапана дутья, мм	$d_{кл} = (0,2 - 0,5) D$	$d_{кл} = 0,4 \cdot 205 = 82$
Площадь сечения клапана дутья, мм <sup>2</sup>	$F_{кл} = \frac{\pi d_{кл}^2}{4}$	$F_{кл} = \frac{3,14 \cdot 82^2}{4} = 5278$
Суммарное сечение прорезей, мм <sup>2</sup> :		
в верхней части гильзы	$F_B = (0,3 - 0,4) F_{кл}$	$F_B = 0,4 \cdot 5278 = 2111$
в нижней части гильзы	$F_H = (2 - 4) F_B$	$F_H = 3 \cdot 2111 = 6333$
Ширина прорезей, мм:		
в верхней части	$b_B = 0,8 - 1$	$b_B = 1$
в нижней части	$b_H = 0,3 - 0,5$	$b_H = 0,5$
Диаметр выходного (вдувного) отверстия гильзы, мм	$d_{вых} = (0,3 - 0,4) D$	$d_{вых} = 0,4 \cdot 205 = 82$
Суммарное сечение, мм <sup>2</sup> :		
выходного отверстия гильзы	$F_{вых} = \frac{\pi d_{вых}^2}{4}$	$F_{вых} = \frac{3,14 \cdot 82^2}{4} = 5278$
вент в надувной плите (ящике)	$F_{вент} = (0,5 - 1) F_{вых}$	$F_{вент} = 0,7 \cdot 5278 = 3695$
Объем, л:		
гильзы	$V_r = \frac{\pi D^2}{4} (H_B + H_H)$	$V_r = \frac{3,14 \cdot 205^2}{4 \cdot 10^3} 430 = 14,2$
ресивера	$V_p = V_r \times \left( \frac{\ln 1/\varphi}{1,032 + 0,03D} \right)^{3,7}$	$V_p = 14 \cdot 185 \times \left( \frac{\ln 1/003}{1,032 + 0,03 + 20,5} \right)^{3,7} \times 10^{-3} = 231$
	где $\varphi = 0,03$	

Наименование параметров	Рекомендуемые формулы	Расчет
Прижимное усилие стола машины, кг	$P_{\text{пр}} = (0,5-0,6)\rho_0 F_{\text{я}},$ где $\rho_0$ — избыточное давление воздуха в сети; $F_{\text{я}}$ — площадь стержня по плоскости прилегания ящика к надувной плите	$P_{\text{пр}} = 0,6 \cdot 5 \cdot 20 \cdot 20 = 1200$
Диаметр цилиндра прижимного стола, см	$D_{\text{пр}} = \sqrt{\frac{4P_{\text{пр}}}{\pi p}}$	$D_{\text{пр}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1200}{3,14 \cdot 5}} = 17,5$

### Порядок выполнения работы

Для примера принимаем массу стержня  $G = 9$  кг, размер стержневого ящика  $200 \times 200 \times 100$  мм, давление воздуха в сети  $p = 5$  кг/см<sup>2</sup>.

Расчет производится на основании опытных данных и по формулам, представленным в табл. 9.

### Содержание отчета

Представить полный расчет пескострельного механизма стержневой машины, приложить эскиз (в масштабе) пескострельной головки.

### Контрольные вопросы

1. Чем различаются расчеты пескострельного механизма и пескодувного?
2. Как рекомендуется располагать прорез в гильзе?
3. В чем заключается конструктивное отличие пескострельной машины от пескодувной?

### РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Аксенов П. Н. Оборудование литейных цехов. М., Машиностроение, 1977. 509 с.

Аксенов Н. П., Аксенов П. Н. Оборудование литейных цехов. Т. 2. М., Машгиз, 1950. 534 с.



Ракогон В. Г. Теория и практика изготовления стержней пескодувным способом. М., Машгиз, 1962. 184 с.

Горский А. И., Геллер Р. Л., Лиокумович Л. Ф. Расчеты машин литейного производства. М., Машиностроение, 1966. 401 с.

## ПОДГОТОВКА МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ЛИТЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Основными операциями при подготовке материалов литейного производства являются их **дробление** и **тонкое измельчение**. Последнее заключается в раздавливании, истирании, изломе или дроблении ударом. Этот процесс связан с затратой усилий на преодоление сил сцепления между частицами сплошного тела. Так как силы сцепления у разных материалов различны, то и на их преодоление затрачивается различное количество удельной работы.

По величине предела прочности при сжатии материалы разделяются на мягкие (до 50 кг/см<sup>2</sup>), средней твердости (до 200 кг/см<sup>2</sup>) и твердые (выше 200 кг/см<sup>2</sup>).

Степень измельчения при дроблении выражается коэффициентом измельчения  $k$ , который определяется как отношение диаметра наиболее крупных кусков  $D$  материала до измельчения к диаметру наиболее крупных кусков материала  $d$  после измельчения:  $k = D/d$ .

Процесс измельчения производится по открытому, замкнутому или периодическому циклу. В первом случае материал, прошедший через дробильную машину, направляют в производство несмотря на различную величину получаемых зерен. Этот способ дробления применяется только тогда, когда по технологическому процессу не требуется особой точности в зерновом составе исходного материала.

При замкнутом цикле измельченный материал сортируют на грохотах, и фракции, крупнее допустимых, возвращают в дробилку.

Периодический цикл заключается в следующем. Материал загружается в дробилку определенной порцией и подвергается размолу до получения необходимого зернового состава. Данный способ используют для получения материала высокой степени дисперсности.

Существует несколько теорий дробления. Согласно одной из них работа, затраченная на измельчение материала, прямо пропорциональна поверхностям вновь образовавшихся частиц. Таким образом, при двух параллельных

процессах  $A/A_1 = S/S_1$ , где  $A, A_1$  — работа дробления с образованием поверхностей  $S$  и  $S_1$ .

Практически очень трудно определить вновь образовавшуюся при дроблении поверхность частиц материала, поэтому чаще пользуются зависимостью затраченной работы на дробление от коэффициента измельчения  $k$ :  $A_k/A_{k_1} = k/k_1$ , т. е. работа дробления в двух параллельных процессах будет пропорциональна степени измельчения.

Согласно второй теории работа на дробление равна работе, необходимой для деформации материала, и при измельчении одного и того же материала пропорциональна его объему или весу:

$$A/A_1 = V/V_1 = G/G_1,$$

где  $V, V_1$  — объем материала до и после дробления;  
 $G, G_1$  — вес материала до и после дробления.

Если принять, что деформация материала до полного разрушения пропорциональна действующим силам (что возможно только в пределах упругой деформации), то упругая деформация  $\lambda$  может быть выражена зависимостью

$$\lambda = Pl/FE.$$

Здесь  $P$  — приложенная сила, кг;  
 $l$  — длина деформируемого образца, см;  
 $F$  — площадь его поперечного сечения, см<sup>2</sup>.  
 $E$  — модуль упругости, кг/см<sup>2</sup>.

Работа, затраченная на деформацию при линейной зависимости упругой деформации от приложенной силы,

$$A = (P/2)\lambda.$$

Подставим в это уравнение значение упругой деформации, и, учитывая, что возникающие от действия силы  $P$  напряжения  $\sigma = P/F$ , получим

$$A = \frac{\sigma^2 Fl}{2E} = \frac{\sigma^2 V}{2E},$$

где  $V$  — объем деформируемого образца, см<sup>3</sup>.

Определение работы по второй теории дает удовлетворительные результаты при грубом дроблении, когда материал разрушается вследствие сжатия или удара. Для тонкого измельчения, при котором разрушение происходит и от истирающего действия, эта формула не пригодна, так как в ней не учитывается влияние коэффициента измельчения.

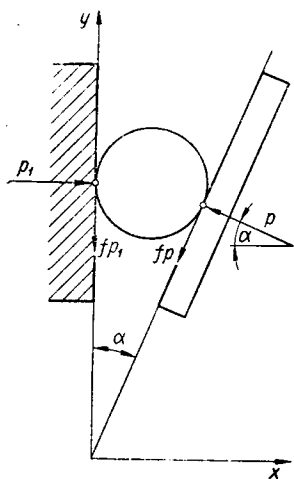
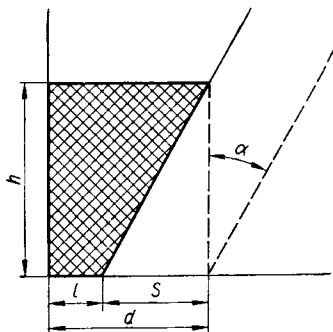


Рис. 23. Схема сил, действующих на кусок материала в щековой дробилке

Рис. 24. Сечение материала, выбрасываемого из дробилки за один оборот вала



В зависимости от степени измельчения материала дробильно-размольные машины делятся на дробилки и мельницы. Первые осуществляют грубое дробление материала до кусков размерами  $d = 15—25$  мм при  $k = 3—12$ . Прошедший через мельницы материал измельчается до зерен  $d < 0,1$  мм при  $k = 180—200$  и выше.

По конструкции и принципу работы различают дробилки щековые, валковые, молотковые, конусные и др.; мельницы бывают шаровые, валковые, кольцевые, вибрационные и т. д. В литейном производстве более широкое применение получили щековые, валковые дробилки и шаровые мельницы, так как в качестве исходных продуктов в них используются материалы средней и повышенной твердости.

Для захвата материала щековой дробилкой должно быть соблюдено условие  $\alpha \leq 2\varphi$ , т. е. необходимо, чтобы угол захвата был меньше двойного угла трения, дабы раздавливаемый кусок материала смог удержаться в зеве дробилки силами трения  $fp_1$  и  $fp$  (рис. 23). Число оборотов вала щековой дробилки будет оптимальным, если во время отхода подвижной щеки от неподвижной дробленый материал свободно выпадет через выходную щель в виде призмы высотой (рис. 24)  $h = S/\operatorname{tg} \alpha$  ( $S$  — ход щеки).

Отход щеки осуществляется за время  $t = 30/n$ . Здесь  $n$  = число оборотов вала в минуту.

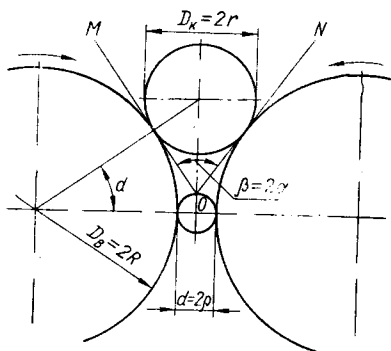


Рис. 25. Схема действующих сил валковой дробилки

Для валковых дробилок (с гладкими валками) угол захвата  $\alpha$  должен быть меньше угла трения  $\phi$ , т. е.  $\alpha \leq \phi$  (рис. 25).

Оптимальное число оборотов вала щековой дробилки определяется по уравнению  $n = 400/\sqrt{S}$ , где  $n$  — число оборотов вала щековой дробилки, об/мин;  $S$  — ход щеки, см.

Величину  $n$  (об/мин) валковой дробилки можно найти по формуле

$$n = 308 \sqrt{\frac{f}{\gamma r R}}$$

Здесь  $f$  — коэффициент трения материала о поверхность вала ( $f = 0,3-0,4$ );

$\gamma$  — удельный вес материала, т/м<sup>3</sup>;

$r$  — радиус загружаемых кусков материала, м;

$R$  — радиус валков, м.

Потребляемая мощность щековой дробилки (л. с.)

$$N = \frac{\sigma^2 n b (D_k^2 - d^2)}{171 \cdot 10^4 E}$$

где  $\sigma$  — предел прочности на сжатие, кг/см<sup>2</sup>;

$n$  — число качений щеки в минуту;

$b$  — длина впускного отверстия, см;

$D, d$  — наибольший размер кусков до и после дробления, см;

$E$  — модуль упругости, кг/см<sup>2</sup>.

Производительность (т/ч) щековой дробилки вычисляется по формуле

$$Q = 0,093 (d + S),$$

где  $d + S$  — наибольший размер куска после дробления, см.

Для валковой дробилки

$$Q = 376,8 D_b n l e \mu$$

Здесь  $D_b$  — диаметр вала, м;

$n$  — число оборотов вала в минуту;

$l, e$  — длина и ширина вала, см;

$\mu$  — коэффициент разрыхления ( $\mu = 0,3-0,5$ ).

**Размалывание материалов.** В литейном производстве для тонкого измельчения сухой глины, угля, шамота и других материалов применяются мельницы различных конструкций (шаровые, валковые, кольцевые и вибрационные). Самое широкое распространение получили шаровые мельницы, которые по форме барабана делятся на три вида: короткие, трубчатые и конические. Для коротких мельниц отношение длины  $L$  к диаметру  $D$  барабана составляет 0,7—1,2, а для трубчатых — 3—6.

В шаровых мельницах материал измельчается в основном под действием удара падающих мелющих тел и частично за счет истирания между ними.

К основным факторам эффективности работы мельницы относятся количество оборотов барабана в минуту, масса загрузки, размеры мелющих тел и загружаемых кусков, тонкость помола, физические свойства материала, подлежащего дроблению.

При небольшом числе оборотов барабана шары поднимаются и падают с небольшой высоты. Сила удара в этом случае незначительная и производительность мельницы невелика. Если скорость вращения барабана выше нормальной, то шары прижимаются центробежной силой к внутренней поверхности барабана, и измельчение материала прекращается. Для максимальной производительности шаровой мельницы необходимо, чтобы шары поднимались и падали с наибольшей высоты.

Число оборотов барабана, при котором центробежная сила шара уравнивается его весом в самой верхней точке  $C$ , называется критическим. Рабочее число оборотов должно быть меньше критического. Исследуя траекторию движения шаров, можно доказать, что наибольшая энергия удара достигается при угле отрыва  $\alpha = 54^\circ 40'$ . Этот угол будет только у наружного слоя шаров, в котором размещается наибольшее их число (рис. 26).

При определении рабочего числа оборотов шаровой мельницы можно руко-

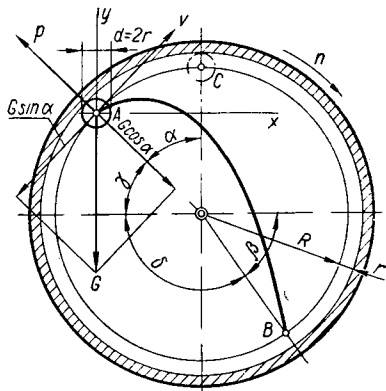


Рис. 26. Траектория движения шаров в мельнице

водствоваться режимами 1) максимальной абсолютной производительности и 2) максимальной экономичности. Настраивая мельницу на первый режим, необходимо поставить в наивыгоднейшие условия работы (с углом отрыва  $\alpha = 54^\circ 40'$ ) внешний слой шаров. При установлении режима максимальной экономичности за основу следует принять всю массу шаровой нагрузки. Таким образом, в зависимости от принятого режима работы шаровая мельница будет иметь различные показатели.

## **Практическая работа 12**

### **РАСЧЕТ И ПОСТРОЕНИЕ ЭПЮР ШАРОВЫХ НАГРУЗОК ПРИ РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМАХ РАБОТЫ**

#### **Общие сведения**

Шаровая мельница лабораторного типа 40А-МЛ — это установка с поворотной осью периодического действия. Она предназначена для тонкого измельчения сухих и мокрых материалов. Размер максимальных кусков материала до дробления 5—8 мм.

Конструкция мельницы представляет собой чугунный цилиндрический корпус, соединенный болтами с двумя коническими торцевыми стенками, переходящими в пустотелье цапфы. Цапфы служат осью вращения мельницы в подшипниках. Через горловину одной из них загружают дробящие тела (шары) и подлежащий измельчению материал. Горловина другой цапфы перекрыта решеткой со щелевыми проемами для разгрузки измельченного материала. Обе горловины герметически закрываются крышками и зажимаются болтами. Шаровая мельница приводится во вращение электромотором мощностью 2,2 кВт с числом оборотов 1410 об/мин через червячный редуктор (с передаточным отношением  $i = 20$ ) и клиноременную передачу. Барабан мельницы поворачивается скобой-рукояткой. Стопорный винт фиксирует барабан в любом наклонном положении.

Цель работы — расчет параметров шаровой мельницы в зависимости от установленного режима работы и построение эпюр.

Оборудование и инструмент: шаровая мельница лабораторного типа, тахометр, кронциркуль, линейка, материал для дробления (известняк, гранулированный шлак и др.).

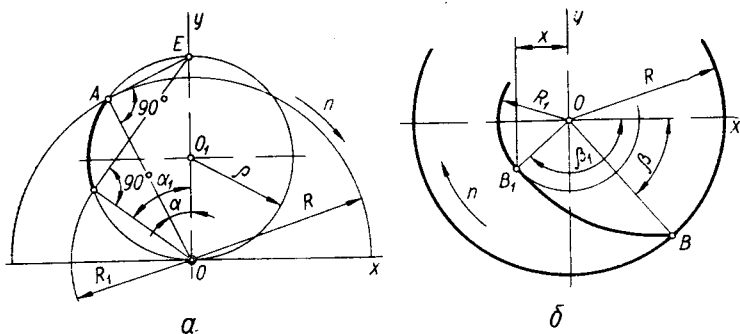


Рис. 27. Геометрическое место точек отрыва (а) и падения (б) шаров

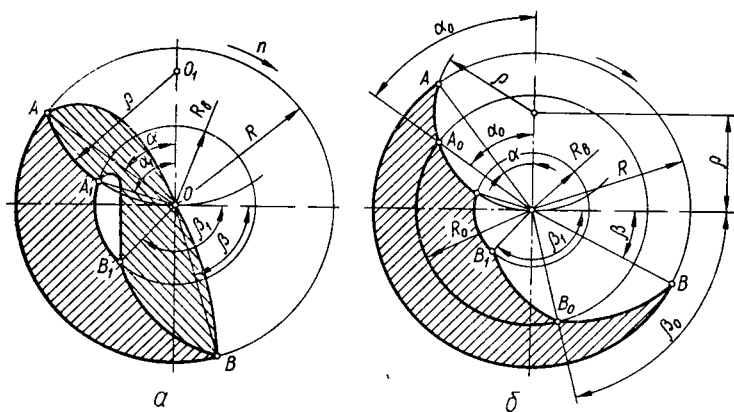


Рис. 28. Расположение шаровой нагрузки при режимах максимальной абсолютной производительности (а) и максимальной экономичности (б)

## Порядок выполнения работы

1. Настроить мельницу по числу оборотов и шаровой нагрузке на режим максимальной абсолютной производительности, измерить необходимые характеристики и рассчитать параметры.

2. Повторить замеры и произвести расчеты для режима максимальной экономичности.

3. По полученным данным составить техническую характеристику мельницы (табл. 10) и для каждого режима работы построить эпюры шаровых нагрузок (рис. 27 и 28).

Таблица 10. Техническая характеристика шаровой мельницы

Показатель	Режим	
	максимальной абсолютной производительности	максимальной экономичности
Диаметр загружаемых шаров	$d_{ш} = R/9$	$d'_{ш} = R/12$
Диаметр траектории центров тяжести шаров внешнего слоя, мм	$D_1 = D - d_{ш}$	$D_1 = D - d'_{ш}$
Число оборотов мельницы	$n = 32/\sqrt{D_1}$	$n' = 37,2/\sqrt{D_1}$
Радиус шаровой нагрузки слоев: внутреннего внешнего редуцированного	$R_B = 0,481R$ $\rho = 0,866R$ $R_0 = 0,785R$	$R'_B = 0,362R$ $\rho' = 0,585R$ $R'_0 = 0,752R$
Угол отрыва слоев шаров:		
внешнего	$\alpha = \arccos \frac{Rn^2}{900} =$ $= \arccos \frac{22,82}{900} =$ $= \arccos 0,578 = 55^\circ$	$\alpha = \arccos \frac{R(n')^2}{900} =$ $= \arccos \frac{26,3^2}{900} =$ $= \arccos 0,768 = 40^\circ$
внутреннего	$\cos \alpha_B = \frac{R_B n^2}{900}$	$\cos \alpha'_B = \frac{R'_B (n')^2}{900}$
Коэффициент загрузки мельницы шарами	$\varphi = 0,4$	$\varphi' = 0,54$
Масса шаров, загружаемых в мельницу	$G = \pi R \varphi L \gamma \mu$	$G' = \pi R \varphi' L \gamma \mu$
Угол падения шаров: внешнего слоя внутреннего	$\beta = 3\alpha - 90^\circ$ $\beta_1 = 3\alpha_B - 90^\circ$	$\beta' = 3\alpha' - 90^\circ$ $\beta'_1 = 3\alpha'_B - 90^\circ$
Производительность мельницы, т/ч	$Q = aG^{0,6}$	$Q' = a(G')^{0,6}$

Примечание.  $R$  — радиус шаровой мельницы, мм;  $D$  — внутренний диаметр мельницы, мм;  $L$  — длина барабана мельницы, м;  $\gamma$  — масса шаров в  $1 \text{ м}^3$ ,  $\text{т/м}^3$ ;  $\mu = 0,5-0,6$  — коэффициент;  $\alpha$  — коэффициент размоловоспособности материала (для угля  $\alpha = 1,5-4,5$ ).



## Содержание отчета

Изложить отличие режимов максимальной производительности и максимальной экономичности по полученным расчетным параметрам, определить условия более эффективного их применения. Приложить эпюры шаровых нагрузок и схему установки с кратким описанием.

### Контрольные вопросы

1. Что такое кратность измельчения и каковы ее величины при грубом и тонком дроблении?
2. Как настроить мельницу на соответствующий режим?
3. Назовите конструкции мельниц, распространенные в литейном производстве.
4. Какое число оборотов называется критическим?
5. При каком режиме шаровая нагрузка больше?

### РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Аксенов П. Н. Оборудование литейных цехов. М., Машиностроение, 1977. 509 с.

Левинсон Л. Б., Прейгерзон Г. И. Дробление и грохочение полезных ископаемых. М., Гостехиздат, 1970. 320 с.

Василевский П. А. Технология и оборудование шамотного производства. М., Metallургиздат, 1956. 385 с.

### ПРИГОТОВЛЕНИЕ СМЕСЕЙ

Приготовление формовочных и стержневых смесей заключается в смешивании различных твердых и жидких составляющих. При смешивании материалов желательно достичь более равномерного распределения всех составных частей в общей массе, так как это обеспечивает минимальный расход связующих веществ и приводит к максимальной прочности и газопроницаемости смеси. Во время перемешивания составляющих на поверхности зерен материала образуется связывающая пленка. Интенсивность покрытия такой пленкой зависит от физико-химических свойств компонентов смеси, конструкций рабочих органов смесителя и от интенсивности перемешивания.

В настоящее время в литейном производстве широко применяются различные конструкции смесителей. Их техническая характеристика приведена в табл. 11.

Таблица 11. Техническая характеристика смесителей различных конструкций

Смеситель	Объем замеса, м <sup>3</sup>	Масса смеси, т	Диаметр чаши, мм	Максимальная производительность, т/ч	Мощность двигателя, кВт
1А11	0,25	0,3	1670	3,5	10
1А12	0,60	0,75	2400	8,0	28
114	1,00	1,76	2800	20,0	40
15126	3,00	3,80	2840	60,0	162
115М	0,45	0,60	2000	30,0	75
116М	0,63	0,80	2300	50,0	114
15328	1,60	2,00	2500	120,0	100

По характеру работы смесители могут быть периодического и непрерывного действия. В первых материал поступает отдельными дозами и выгружается после достижения заданной степени перемешивания, что дает возможность регулировать длительность цикла в зависимости от состава и назначения изготавливаемой смеси. Смесители непрерывного действия более экономичны, так как в них основные операции — загрузка, перемешивание и выгрузка приготовленной смеси — производятся одновременно.

Дозирующие устройства должны обеспечивать постоянство соотношений составляющих компонентов смеси. Работают они по принципу весовой или объемной дозировки.

Определенные дозы компонентов смешивают вначале в сухом виде, затем увлажняют и продолжают процесс до получения однородной по составу и влажности массы. Задачи сухого смешивания — тщательное перемешивание составляющих смеси для равномерного распределения компонентов по всему объему и достижение максимальной поверхности соприкосновения частиц материала между собой.

Смеситель оборудован системой пневмоцилиндров, которые обеспечивают работу дозаторов и разгрузочного люка. Управление пневмоцилиндрами осуществляется командным электропневматическим прибором КЭП-12У.

Перед началом работы необходимо проверить исправность всех узлов, установить зазоры между отвалами, катками и днищем чаши, затем опробовать смеситель вхолостую и только потом загружать смесь.

Качество смеси зависит от скольжения катков относительно днища чаши, что учитывается при разработке конструкции смесителя. Наибольшее распространение получили смесители с вертикальным расположением катков,

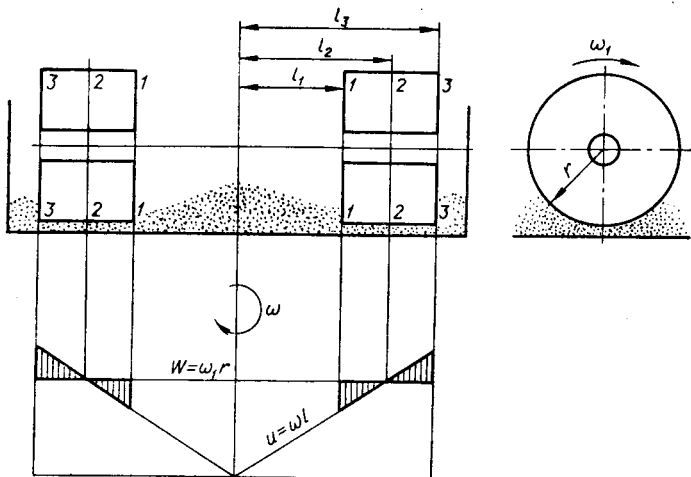


Рис. 29. Схема скольжения катка чаши относительно дна в смешивающих бегунах

так как они обеспечивают высокое качество смеси благодаря равномерному распределению ее составных частей и хорошему обволакиванию зерен связующими.

Скольжение катков объясняется разностью абсолютных скоростей точек, расположенных на образующей катка относительно неподвижной чаши (рис. 29). Переносная скорость  $u$  поверхности катка при вращении его вокруг вертикальной оси смесителя будет различной, т. е.  $u = \omega l = \omega r$ , а относительная скорость  $w$  во время вращения вокруг горизонтальной оси — постоянной:  $w = \omega_1 r = \text{const}$ .

Абсолютные скорости указанных точек катка относительно неподвижной чаши равны геометрической сумме переносной и относительной скоростей:  $v = u + w$ .

Максимальная скорость скольжения поверхности катка в точках 1 и 3 определяется по формуле

$$v_{\text{ск}} = v_1 - v_2 = v_3 - v_2$$

или

$$v_{\text{ск}} = \frac{\pi l_1 n}{30} - \frac{\pi l_2 n}{30} = \frac{\pi n (l_1 - l_2)}{30} = \frac{\pi n (l_3 - l_2)}{30},$$

где  $v_1, v_2, v_3$  — скорости скольжения в точках 1, 2, 3;

$l_1, l_2, l_3$  — расстояние от точек 1, 2 и 3 до оси вращения смесителя;

$n$  — число оборотов вертикального вала смесителя в минуту.

Так как  $l_1 - l_2 = b_k/2$ , то  $v_{ск} = \pm \pi n b_k/60$ . Здесь  $b_k$  — ширина катка.

Следовательно, с увеличением ширины катка увеличивается скорость скольжения его относительно чаши бегунов.

Для практических целей рекомендуется величину  $b_k$  принимать в зависимости от диаметра катка  $D_k$  или диаметра чаши  $D_ч$  в следующих пределах:

$$b_k = \left( \frac{1}{3,25} - \frac{1}{5} \right) D_k;$$

$$b_k = \left( \frac{1}{10} - \frac{1}{12} \right) D_ч.$$

Диаметр чаши принимается по размерам катков  $D_ч = (10-12) b_k$ .

## **Практическая работа 13**

### **ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ, ПРИНЦИПА РАБОТЫ И КИНЕМАТИЧЕСКОЙ СХЕМЫ СМЕСИТЕЛЕЙ**

#### **Общие сведения**

Смесители 1А11 и 1А12 представляют собой устройство для приготовления смеси отдельными порциями. Между катками и дном чаши имеется зазор, размер которого регулируется в зависимости от назначения перемешиваемой смеси. Плужки расположены таким образом, чтобы материал отбрасывался под катки. Обратная смесь и свежие добавки вводятся в чашу дозаторами.

Цель работы — знакомство с конструкцией, принципом работы и кинематической схемой смесителей 1А11 и 1А12.

Оборудование и инструмент: смеситель 1А12, дозаторы, регулирующие устройства, набор слесарных инструментов, линейка, кронциркуль.

#### **Порядок выполнения работы**

Методом осмотра изучается конструкция смесителя, дозирующих и транспортных устройств, составляется эскиз установки. На рис. 30 показаны смешивающие бегуны.

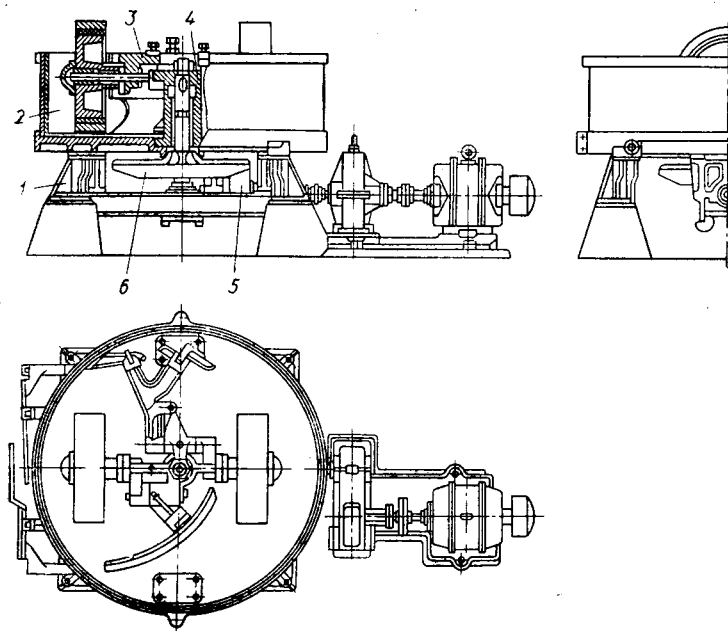


Рис. 30. Общий вид смешивающих бегунов смесителя 1A12

Компоненты загружаются в неподвижную чашу 2, которая опирается на четыре стойки 1. В центре помещается вертикальный стакан 4. Внутри него проходит вал с кронштейнами 3, удерживающими катки в определенном положении. Нижняя часть вала связана с большой конической шестерней 6, которая вращается от привода через малую коническую шестерню 5. К вертикальному валу между катками прикреплены два плужка. В днище чаши расположен люк для выдачи готовой смеси. Зазор между катками и дном чаши регулируется болтами.

Схема автоматизации установки 1A12 изображена на рис. 31. Установка состоит из смесителя 2, внутри которого на вертикальном валу закреплены катки 3, редуктора 10 и электромотора 1. Для дозирования отработанной формовочной смеси под бункером 8 размещен объемный дозатор 9, для подачи сухого песка — дозатор 4 с эластичным (резиновым) рукавом. Глинисто-угольная суспензия подается из бака 7 через электромагнитный клапан 6, а вода для увлажнения смеси — через клапан 5.

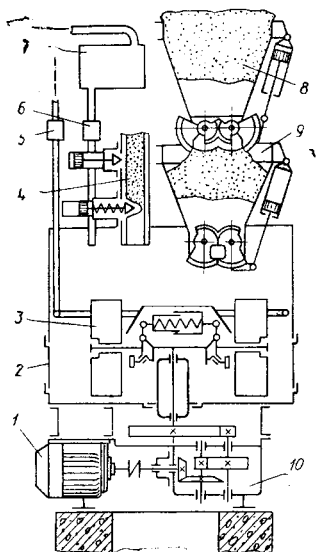
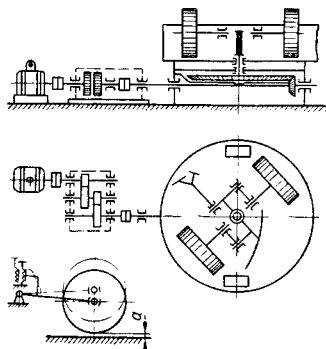


Рис. 31. Схема установки смесителя 1А12 при работе в автоматическом режиме

Рис. 32. Кинематическая схема смесителя 1А12



Кинематическая схема смесителя 1А12 показана на рис. 32.

### Содержание отчета

Составить техническую характеристику и кратко описать конструкцию смесителя. Привести кинематическую схему установки, дать рекомендации по усовершенствованию ее конструкции. Приложить схему смесителя.

### Контрольные вопросы

1. Для чего предназначен смеситель 1А12?
2. Чем различаются смесители непрерывного и периодического действия?
3. Каково назначение плужков в смесителе?
4. Как регулируется зазор между чашей и катком?

### РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Аксенов П. Н. Некоторые вопросы теории машин литейного производства. М., Машгиз, 1962. 232 с.

Волкомич А. И., Лакшин А. П., Хазин Д. Л. Литейные машины. М., Машгиз, 1959. 464 с.

Беликов О. А., Каширцев Л. Т. Приводы литейных машин. М., Машиностроение, 1971. 310 с.

Зайгеров И. Б. Машины и автоматизация литейного производства. Минск, Вышэйшая школа, 1969. 494 с.

## Практическая работа 14

### РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СМЕСИ ПО БУНКЕРАМ ФОРМОВОЧНЫХ МАШИН

#### Общие сведения

Для нормальной работы формовочного отделения необходимо непрерывное поступление смеси в бункера. Выбранная система распределения смеси должна обеспечивать такое заполнение бункеров, чтобы были устранены простои формовочных машин.

В литейных цехах получили распространение такие автоматические системы распределения смеси по бункерам, как независимая, последовательно-принудительная и рациональная. Заполняются емкости 7 ленточным транспортом 1 (рис. 33) с помощью плужковых сбрасывателей 2. Привод плужка 3 может работать в автоматическом режиме,

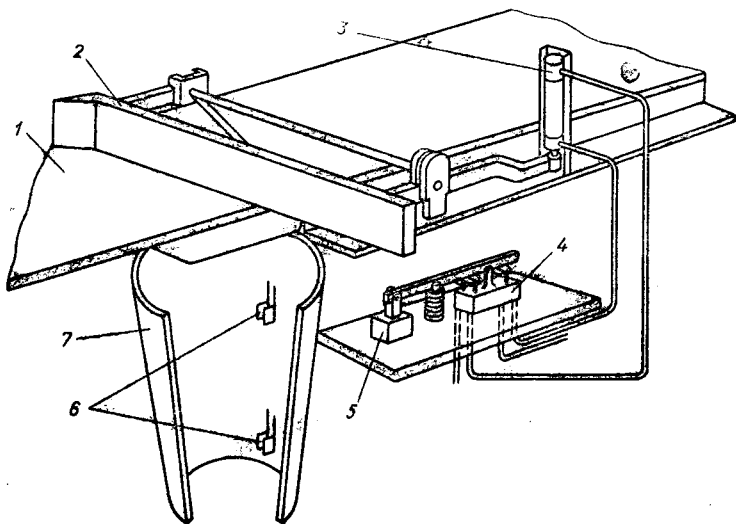


Рис. 33. Схема распределения формовочной смеси по бункерам

управление в этом случае осуществляется клапаном 4 и электромагнитом 5.

При независимом распределении плужок опускается на ленту транспортера сразу же после получения сигнала от уровнемера 6. Это создает неблагоприятные условия для питания последующих бункеров, так как каждый бункер имеет свой сигнализатор уровня, включающий и выключающий отборный плужок независимо от уровня материала в последних бункерах. В невыгодном положении оказываются последние бункеры, так как они заполняются лишь при полных предыдущих. Кроме того, опущенные плужки дальних бункеров перегружают транспортер и ускоряют его изнашивание. В системе последовательно-принудительного распределения бункеры наполняются следующим образом. Если при заполнении какого-либо бункера уровень смеси в предыдущих опустится ниже чувствительного элемента сигнализатора, то плужки этих бункеров не опустятся, и следующий бункер будет заполнен в соответствии с очередностью. Таким образом, в любой момент будет опущен только один плужок.

При рациональной схеме автоматического распределения бункера заполняются в соответствии с очередностью их опорожнения, зависящей от темпа расходования смеси.

Система предусматривает установку в каждом бункере двух уровнемеров. Когда смесь в бункере опускается ниже указателя нижнего уровня, контакт уровнемера замыкается, и сигнал передается на вход логического элемента. В свою очередь, логический элемент посылает сигнал на усилитель, который питает реле. Реле замыкает контакты, срабатывает соленоид, и плужок опускается. Следовательно, все бункера заполняются вначале по нижнему, а затем по верхнему уровню.

Если транспортер подает смесь к бункерам с избытком, то в них создается определенный запас. Уровень смеси в бункерах при этом повышается, и система переходит на распределение по верхним контролируемым уровням. При опускании смеси в каком-либо бункере ниже указателя нижнего уровня система сразу же переключает подачу на него. Когда таких бункеров оказывается несколько, смесь распределяется между ними последовательно по нижним уровням. Таким образом система обеспечивает бесперебойную работу формовочных машин.

Систему распределения формовочной смеси по бункерам можно проанализировать по времени заполнения бункеров



смесью или ввода в работу всех машин конвейерной линии после простоя (например, в начале смены).

Формула для определения времени ввода в действие последней машины  $T_{\text{в}}$  при независимом распределении была предложена В. С. Шитиковым. Она записывается так:

$$T_{\text{в}} = V \left( \frac{1}{Q} + \frac{1}{Q-q} + \dots + \frac{1}{Q-(n-1)q} \right) + \frac{2W}{Q-(n-1)q},$$

где  $V$  — объем бункера, м<sup>3</sup>;

$Q$  — количество смеси, подаваемое транспортером, м<sup>3</sup>/мин;

$q$  — среднее потребление смеси формовочной машиной, м<sup>3</sup>/мин;

$n$  — число бункеров, шт.;

$W$  — объем опоки, м<sup>3</sup>.

Для систем с последовательно-принудительным заполнением время  $T_{\text{в}}$  определяется по формуле

$$T_{\text{в}} = (V/Q) n.$$

Иными словами, время ввода обратно пропорционально количеству смеси, подаваемой на распределительный транспортер.

При рациональной системе заполнения

$$T_{\text{в}} = \frac{2W}{Q} n.$$

Анализ времени ввода в действие последней формовочной машины при независимом, последовательно-принудительном и рациональном автоматическом распределении смеси по бункерам может быть выполнен с применением ЭВМ типа БЭСМ-4 и др.

Цель работы — проанализировать работу независимой, последовательно-принудительной и рациональной систем распределения смеси по бункерам формовочных машин во времени с использованием ЭВМ.

### **Порядок выполнения работы**

Прежде чем провести анализ ввода в действие последней машины для трех систем, установим пределы изменения параметров:

Количество смеси $Q$ , поступающей на распределительный транспортер, м <sup>3</sup> /мин	1,12—1,68
Объем, м <sup>3</sup> :	
бункера $V$	0,5—2
опоки $W$	0,15—0,25
Среднее потребление смеси формовочной машиной $q$ , м <sup>3</sup> /мин	0,1—0,3
Число бункеров, шт.	1—10

Задавая соответствующие данные в ЭВМ, получаем распечатку программы для независимой системы распределения на языке АЛГОЛ-60, составленной транслятором ТА-1М в виде такой записи:

1. 'BEGIN';
2. 'INTEGER' I, Э, К, LNP;
3. 'REAL' AS;
4. 'ARRAY' Q [1 : 5], R, W [1 : 4], V [1 : 3], Я [1 : 8];
5. POO42 (Q, R, V, W);
6. 'BEGIN';
7. POIG5 (I, □ 'EQV'5 □ 31, 03.1976 □ Г');;
8. PI041 (Q, R, V, W);
9. POIG5 (I, □ 'EQV'7Q □ 'EQW'15R □ 'EQV'15V □ 'EQV'15W □ 'EQV'15N □ 'EQV'12TBI □ 'EQV'12TB □ 'EQV';
10. 'FOR'J:=I'STEP'I'UNT[L'S'DO';
11. 'FOR'J:=I'STEP'I'UNT[L'4'DO';
12. FOR'K:=I'STEP'I'UNT[L'3'DO';
13. 'FOR'L:=I'STEP'I'UNT[L'4'DO';
14. 'FOR'N:=I'STEP'I'UNT[L'10'DO';
15. 'BEGIN'S: = O;
16. 'FOR'P:=I'STEP'I'UNT[L'N'DO' 'BEGIN';
17. A:=I/Q[I]—(P—I)×R[J];
18. S:=S+A;
19. 'END'P;
20. Я[I]:=Q[I]; Я[2]S=R[J]; Я[3]:=V[K];
21. Я[4]:=W[L]; Я[5]:=N;
22. Я[6]:=S×V[K]; Я[7]:=N×V[K]/Q[I];
23. Я[8]:=2×(N—1)×W[L]/(Q[I]—R[J]);
24. PO740 (Я[I], P, 0, 8, 6, 7,8, 7,8, 7,8, 7,8, 7,8, 7,8, 7,8, 7);
25. 'END'N;
26. 'END';
27. 'END' PROGRAM.

При выдаче задания на расчет параметров распределения смеси по бункерам формовочных машин исходные данные могут быть заданы в другом диапазоне.

При последовательно-принудительной системе распределения:

1. 'BEGIN';
2. 'INTEGER' I, J, K, L, N, P;
3. 'REAL' A, S;
4. ARRAY' Q[1:5], V[1:3], R, W, Я, 4, RI (I:4), 4[1:10, 1:6];
5. POO42 (Q, R, V, W);
6. 'BEGIN';

```

7. PI04I (Q, R, V, W);
8. 'FOR'J:=I'STEP'I'UNT[L'4'DO';
9. 'FOR'K:=I'STEP'I'UNT[L'3'DO';
10. 'BEGIN'□□□□□□;
11. 'FOR'I:=I'STEP'I'UNT[L'5'DO';
12. 'FOR'N:=I'STEP'I'UNT[L'10'DO';
13. BEGIN'S:=0;
14. 'FOR'P:=I'STEP'I'UNT[L'N'DO''BEGIN';
15. A:=I/(Q[I]-(P-I)×R[J]);
16. 'IF'ABS(A)'HE □ меньше '50'THEN''GO□TO'TT;
17. S:=S+A;
18. TT;
19. 'END'P;
20. Ц[N, I]:=N;
21. Ц[N, I+I]:=S×V[K];
22. 'END'N;
23. RI[I]:=0; 4[I]:=100;4[2]:=0.001;
24. 4[3]:=4[4]:=0.5;
25. Я[I]:=R[J]; Я[2]:=V[K];
26. P0740 (Я[I], P, 0, 2, 10, 8, 10, 8);
27. P0743 (Ц[I, I], PI[I], 4[I], 10,5);
28. 'END';
29. 'END';
30. 'END' PROGRAM.

```

Распечатка программы для рациональной системы распределения записывается следующим образом:

```

1. 'BEGIN';
2. 'INTEGER' I, J, K, L, N, P;
3. 'REAL' A, S;
4. ARRAY'Q[1:5], R, W[1:4], V[1:3], Я[1:8], 4,RJ[1:4], Ц[1:10,
1:6];
5. P0042 (Q, R, V, W);
6. 'BEGIN';
7. PI04I (Q, R, V, W);
8. 'FOR'J:=I'STEP'I'UNT[L'4'DO';
9. 'FOR'L:=I'STEP'I'UNT[L'4'DO' 'BEGIN';
10. 'FOR'I:=I'STEP'I'UNT[L'5'DO';
11. 'FOR'N:=I'STEP'I'UNT[L'10'DO' 'BEGIN';
12. A='2×(N-1)×W[L]/(Q[I]-R[J]);
13. Ц[N, I]:=N:Ц[N, I+I]; =A;
14. 'END'N;
15. RI[1]:=0; 4[1]; =100; 4[2]; =001;
16. 4[3]:=4[4]:=0.5;
17. Я[1]:=R[J]; Я[2]:=W[L];
18. P0740(Я[1], P, 0, 2, 10,8, 10,8);
19. P0743 (Ц[I, I], RI[1], 4[1], 10,5);
20. 'END'L;
21. 'END';
22. 'END' PROGRAM;
23. A:=N×V[K]/Q[1];
24. 'FOR'K:=I'STEP'I'UNT[L'3'DO' 'BEGIN';
25. Я[1]:=V[K];
26. P0740 (Я[1], P, 0, 1, 10,8).

```

Проведенный анализ показал, что объем бункера для трех рассмотренных систем не оказывает существенного влияния на время ввода в действие последней машины. Так, при независимой системе: чем больше смеси потребляет формовочная машина, а соответственно, чем больше объем опоки, тем меньше машин можно ввести в работу. Например, если расход формовочной смеси на одну машину  $q$  составляет  $0,1 \text{ м}^3/\text{мин}$ , а подача транспортера  $Q = 1,68 \text{ м}^3/\text{мин}$ , то в работу можно ввести 10 машин. При  $q = 0,2 \text{ м}^3/\text{мин}$  и  $Q = 1,68 \text{ м}^3/\text{мин}$  будут работать 9, а при  $q = 0,2 \text{ м}^3/\text{мин}$  и  $Q = 1,12 \text{ м}^3/\text{мин}$  — 5 машин.

Значительное влияние на работу машин оказывает подача транспортера. Из проведенного анализа видно, что чем больше смеси подается на транспортер, тем большее число машин можно ввести в работу за минимальный промежуток времени. С уменьшением количества подачи смеси на транспортер и увеличением потребления формовочной смеси одной машиной время ввода последней машины увеличивается.

Последовательно-принудительная система заполнения бункеров формовочной смесью выгодно отличается от независимой системы тем, что с ростом производительности машин не наблюдается их простоя. Только время ввода последней машины будет тем меньше, чем больше смеси будет поступать на распределительный транспортер. Так, если производительность транспортера изменяется в пределах  $1,68—1,12 \text{ м}^3/\text{мин}$ , то время ввода колеблется от 8,2 до 13,5 мин.

Время ввода в действие последней машины при рациональной системе меньше, чем при последовательно-принудительной. Оно прямо пропорционально количеству поступающей на распределительный транспортер смеси и производительности формовочных машин. Например, производительность транспортера изменяется в тех же пределах:  $Q = 1,68—1,12 \text{ м}^3/\text{мин}$ . Тогда время ввода в работу последней машины увеличивается от 7,5 до 13,5 мин.

Таким образом, можно сделать следующий вывод. При большой производительности распределительного транспортера и при установке высокопроизводительных формовочных машин самой эффективной является рациональная автоматическая система распределения формовочной смеси по бункерам. Для формовочных машин малой и средней производительности наиболее приемлема независимая система.

## **Содержание отчета**

Кратко описать принцип работы существующих автоматических систем распределения смеси по бункерам. Привести расчет времени ввода в работу формовочных машин с применением ЭВМ. Проанализировать полученные результаты по заданным параметрам и сделать выводы.

### **Контрольные вопросы**

1. Какие автоматические системы применяются для анализа работы устройств, связанных с распределением формовочной смеси по бункерам?
2. Расскажите о возможности применения для анализа электронно-вычислительных машин.
3. При каких условиях более приемлема та или иная система распределения?
4. Как расшифровать полученные результаты анализа при использовании ЭВМ?

### **РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА**

- Поручиков Ю. П., Хазан Г. Л. Автоматизация приготовления и раздачи формовочной смеси. М., Машгиз, 1962. 176 с.
- Ляшенко А. В. Программирование на ЭВМ типа М-20. Москва — Свердловск, Машиностроение, 1965. 176 с.
- Каширцев Л. П. Расчет параметров гидравлических прессовых механизмов формовочных машин. М., Изд-во МВТУ им. Баумана, 1977. 15 с.
- Шитиков В. С. Анализ систем автоматического распределения формовочной земли.— Литейное производство, 1958, № 11, . 10—12.

## **МЕТОДИКА РАСЧЕТА ПНЕВМАТИЧЕСКОГО ТРАНСПОРТА, ВЫБИВНЫХ РЕШЕТОК И КОВШЕЙ**

### **Практическая работа 15**

#### **РАСЧЕТ ПНЕВМАТИЧЕСКОГО ТРАНСПОРТА ЛИТЕЙНОГО ЦЕХА**

#### **Общие сведения**

В литейных цехах для перемещения сухих и влажных материалов применяется пневматический транспорт. Он имеет целый ряд преимуществ: небольшие габариты установок,

простота конструкций, возможность доставки материалов на значительное расстояние, полная их изоляция и др. Пневматический транспорт поддается автоматизации, что уменьшает численность обслуживающего персонала. Все это позволяет найти более экономичные решения при проектировании новых и реконструкции действующих цехов. Основным недостатком пневмотранспорта — повышенный расход энергии.

Разработка и применение различных конструкций загрузочных устройств (винтовых и пневматических желобов, камерных питателей и др.) и двухходовых переключателей намного увеличивают возможность эксплуатации пневмотранспорта для перемещения материалов в литейных цехах.

Цель работы — изучить методику расчета пневмотранспортных установок литейных цехов применительно к существующему оборудованию.

### Порядок выполнения работы

Исходными данными для расчета пневмотранспорта являются: 1) производительность установки  $Q$  (т/ч); 2) свойства материала (сухой, влажный, зернистость и т. д.); 3) вид трассы (длина и конфигурация, принятые согласно планировке цеха, участка).

Прежде всего необходимо определить приведенную длину трассы, которая представляет собой сумму эквивалентных и геометрических длин. Эквивалентной длиной местного сопротивления в транспортирующем трубопроводе называется такая длина прямолинейного горизонтального участка, в которой величина потери напора воздуха соответствует местному сопротивлению в трубопроводе (например, в колене, отводе, переключателе и т. д.). Эквивалентная длина зависит от свойств транспортируемого груза и геометрических размеров устройств, вызывающих местные сопротивления. Для практического использования ее приближенное значение вычисляется по формуле

$$L_{\text{пр}} = \sum l_{\text{г}} + \sum l_{\text{в}} + \sum l_{\text{э. к}} + \sum l_{\text{э. п}},$$

где  $L_{\text{пр}}$  — приведенная длина трубопровода, м;

$\sum l_{\text{г}}$ ,  $\sum l_{\text{в}}$  — суммарная длина горизонтальных и вертикальных участков трассы, м;

$\sum l_{\text{э. к}}$ ,  $\sum l_{\text{э. п}}$  — суммарная эквивалентная длина колен и переключателей трубопровода, м.

Эквивалентную длину  $l_{э.к}$  для колен с углом поворота  $90^\circ$  можно определять по табл. 12. Меньшее значение выбирают для малоабразивных грузов (угольная пыль и др.) при небольших скоростях транспортирования. Эквивалентная длина двухходовых переключателей  $l_{э.п}$  при перемещении порошкообразных материалов принимается равной 8 м, а свежей формовочной смеси и песка — 15 м. Если материал транспортируется через переключатели трубопроводов, то последние не должны создавать дополнительных местных сопротивлений.

Таблица 12. Значение эквивалентной длины поворота  $l_{э.к}$  и коэффициента  $\alpha$  для различных материалов

Материал	Крупность частиц материала	$\alpha$	$l_{э.к}$ (м) при соотношении $R_K/d_T$ равном			
			4	6	10	12
Порошкообразный	1—1000 мк	10—16	4—8	5—10	6—10	8—10
Однородный зерновой:						
сухой	1—10 мм	17—20	—	8—10	18—16	16—20
влажный (до 5%)	1—10 мм	12—15	—	—	16—20	12—16
Неоднородный:						
мелкокусковой	10—20 мм	17—22	—	—	28—35	28—45
крупнокусковой	40—80 мм	22—25	—	—	60—80	70—90

Примечание:  $R_K$  — радиус колена;  $d_T$  — диаметр трубопровода.

Для движения материала по трубопроводу необходима достаточная величина скорости транспортирующего воздуха  $v_B$  (м/с). Эффективность захвата материала потоком воздуха в трубопроводе определяется физико-химическими свойствами материала и скоростью его витания  $v_k$  (м/с), которая вычисляется по формуле:

$$v_k = k \sqrt{\frac{\gamma_{гр}}{\gamma_B} d_k},$$

где  $k = 6 - 17$  — коэффициент, зависящий от формы, размера и характера поверхности час-

тицы. (Меньшее значение  $k$  принимается для пылевидных неабразивных материалов);

$\gamma_{гр}$  — плотность транспортируемого груза, кг/м<sup>3</sup>;

$\gamma_v$  — плотность воздуха, кг/м<sup>3</sup>. (При атмосферном давлении  $\gamma_v = 1,29$ , для нагнетательных установок  $\gamma_v = 1,6 - 2$ , для всасывающих  $\gamma_v = 0,8 - 0,95$ );

$d_k$  — размер кусков материала, м.

Рабочую скорость воздуха в трубопроводе рассчитывают приближенно по выражению  $v_v = v_k(1,1 - 2)$  или по формуле

$$v_v = \alpha \sqrt{\gamma_{гр}} + BL_{пр}^2.$$

Здесь  $\alpha$  — коэффициент, учитывающий крупность частиц (см. табл. 12);

$B = (2 \div 5) 10^{-5}$  — коэффициент, зависящий от влажности материала. (Меньшее значение принимается для сухих материалов, большее — для влажных);

$L_{пр}$  — приведенная длина трубопровода, м.

Расход воздуха  $V$  (м<sup>3</sup>/с) определяется следующим образом:

$$V = Q/3,6\gamma_v\mu,$$

где  $Q$  — производительность установки, т/ч;

$\gamma_v$  — плотность воздуха, кг/м<sup>3</sup>;

$\mu$  — насыщенность потока воздуха частицами транспортируемого материала.

Величина  $\mu$  рассчитывается по формуле

$$\mu = G_M/G_v.$$

Здесь  $G_M$  — количество транспортируемого материала, кг;

$G_v$  — количество воздуха, транспортирующего материал, кг.

Во всасывающих установках концентрация смеси обычно находится в пределах 0,05—25 кг/кг, а в нагнетательных — 10—150 кг/кг и больше.



Внутренний диаметр трубопровода  $d_T$  (м) может быть определен из выражения

$$d_T = \sqrt{\frac{4V}{\pi v_B}} \text{ или } d_T = 1,13 \sqrt{\frac{V}{v_B}},$$

где  $v_B$  — скорость воздуха в трубопроводе, м/с.

После определения  $d_T$  по табл. 13 подбирают трубу с внутренним диаметром  $d'_T$ , равным (или ближайшим большим) рассчитанному. По выбранному диаметру уточняют требуемый расход воздуха при той же скорости по формуле

$$V = \frac{\pi (d'_T)^2}{4} v_B.$$

Таблица 13. Внутренние диаметры труб

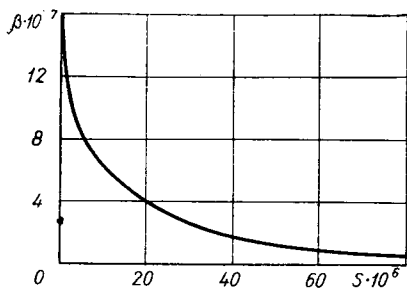
Наружный диаметр, мм	Толщина стенок, мм					
	4,5	5	5,5	6	7	8
45	36	35	—	—	—	—
50	41	40	39	—	—	—
54	45	44	43	42	40	38
57	48	47	46	45	43	41
60	51	50	49	48	46	44
68	59	58	57	56	54	52
73	64	63	62	61	59	57
76	67	66	65	64	62	60
83	74	73	72	71	69	67
89	80	79	78	77	75	73
95	86	85	84	83	81	79

Толщина стенок труб выбирается в зависимости от абразивности транспортируемого материала. Для формовочных материалов и смесей следует выбирать трубы с толщиной стенки 5—8 мм.

Давление воздуха в начальной точке трубопровода нагнетательных установок

$$P_H = \sqrt{1 + \frac{\beta \mu L_{\text{пр}} v_B^2}{d_T}} \pm \frac{h \mu \gamma_B}{10^4},$$

где  $\beta$  — коэффициент сопротивления движению воздуха;  
 $h$  — сумма длин вертикальных участков трассы.



Знак «плюс» в формуле соответствует движению груза вверх, а «минус» — вниз. Коэффициент  $\beta$  зависит от параметров трубопровода, концентрации смеси и определяется по графику (рис. 34).

Рис. 34. Зависимость коэффициента  $\beta$

от величины  $S = \frac{\mu L_{\text{пр}} v_{\text{в}}^2}{d_{\text{т}}}$

Для всасывающих установок значение  $\beta$  принято постоянным и составляет  $1,5 \cdot 10^{-7}$ . Давление воздуха в конечной точке трубопровода рассчитывается из выражения

$$p_{\text{к}} = \sqrt{1 - \frac{\beta \mu L_{\text{пр}} v_{\text{в}}^2}{d_{\text{т}}}} \pm \frac{h \mu \gamma_{\text{в}}}{10^4}.$$

Знак «плюс» принимается при движении груза вниз, а «минус» — вверх.

Создаваемое вентилятором давление  $H = 1,1 r_{\text{р}} (1 + k \mu)$ , где  $r_{\text{р}}$  — расчетное сопротивление сети.

Для минеральной пыли коэффициент  $k$  равен 1, а для опилок и стружек — 1,4.

Мощность двигателя воздуходувки

$$N_{\text{д}} = \frac{AV}{60 \cdot 102 \eta}.$$

В этом случае  $A$  — теоретическая работа воздуходувки, отнесенная к  $1 \text{ м}^3$  засасываемого воздуха;  $V$  — расход воздуха;  $\eta = 0,55 - 0,7$  — коэффициент полезного действия вентилятора.

Величина  $A$  вычисляется по формуле  $A = 230301 g p_1$ .

Давление в воздуходувке  $p_1$  определяется из выражения

$$p_1 = \alpha p_{\text{раб}} + p_{\text{п}},$$

где  $\alpha$  — коэффициент, учитывающий потери давления в машине ( $\alpha = 1,05 - 1,25$ );

$p_{\text{раб}}$  — рабочее давление, ата. (Для нагнетательных установок  $p_{\text{раб}} = p_{\text{н}}$ , а для всасывающих  $p_{\text{раб}} = 1 - p_{\text{к}}$ );

$p_{\text{п}}$  — потери давления в подводящей трубе, ата. (Для нагнетательных установок  $p_{\text{п}} = 0,3$ , а для всасывающих  $p_{\text{п}} = 0,02$ ).

Для машин, работающих на разрежение, величину  $A$  можно найти из табл. 14.

По полученным значениям  $p_1$  и  $V$  выбирается тип воздуходувки.

Потребная мощность на валу электродвигателя

$$N = \frac{1,2QH}{3600 \cdot 102\eta_1},$$

где  $Q$  — подача вентилятора, м<sup>3</sup>/ч;  
 $\eta_1$  ( $\eta_1 = 0,90—0,98$ ) — коэффициент полезного действия передачи.

Таблица 14.

Зависимость величины  $A$  от значения  $p_1$

$p_1$ , ата	$A$ , кгм/м <sup>2</sup>
0,6	4700
0,7	4100
0,8	3500
0,9	2700

### Содержание отчета

Изложить методику расчета пневматического транспорта литейного цеха. Привести схему трассы. Сравнивая полученные технико-экономические показатели пневматического и других видов транспорта, указать его преимущества.

### Контрольные вопросы

1. Из каких устройств состоит пневматический транспорт?
2. Перечислите преимущества пневмотранспорта.
3. Какие загрузочные и разгрузочные устройства применяются в системе пневмотранспорта?
4. Назовите основные типы пневматического транспорта?
5. Какая максимальная длина пневмотранспорта допускается в литейных цехах?

### РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

- Анащенко Н. Н., Пепенко В. Д. Расчет оборудования литейных цехов. Харьков, Изд-во Харьк. ун-та, 1963. 147 с.
- Сегаль И. С. Пневматический транспорт в литейном производстве. М., НТИ, 1958. 30 с.
- Микурин П. И. Техника безопасности в литейных цехах. М., Машиностроение, 1965. 307 с.
- Сливаковский А. О., Дьячков В. К. Транспортирующие машины. М., Машиностроение, 1968. 504 с.

# Практическая работа 16

## РАСЧЕТ МЕХАНИЧЕСКИХ ВЫБИВНЫХ РЕШЕТОК

### Общие сведения

В настоящее время для выбивки литейных форм используются механические эксцентриковые и инерционные решетки. Их работа будет эффективней, если в момент падения и удара по выбивной установке опока имеет максимальную скорость. Ударившись о решетку, она вновь поднимается вверх, цикл движения повторяется. Согласно опытным данным значение коэффициента восстановления скорости (или коэффициента отражения) при ударе опоки находится в пределах  $R = 0,12-0,25$ .

Определенной степени упругости удара и соответствующему коэффициенту отражения соответствует несколько режимов работы с различным фазовым углом ( $\varphi$ ). Однако не при каждом его значении может быть устойчивый режим периодического движения системы «опока — решетка» (рис. 35).

Принцип работы эксцентриковых и инерционных решеток различен. Первые получают движения от вала с постоянным эксцентриситетом, а вторые — от вала с дебалансом.

В эксцентриковых решетках (рис. 36, а) происходят простые гармонические колебания с постоянной амплитудой и частотой

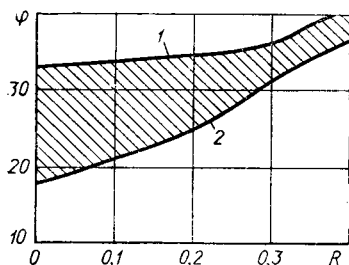


Рис. 35. Взаимосвязь фазового угла соударения  $\varphi$  и коэффициента отражения  $R$ :

1 — верхняя граница устойчивых режимов; 2 — линия оптимальных режимов

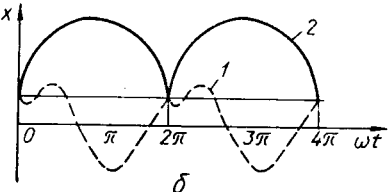
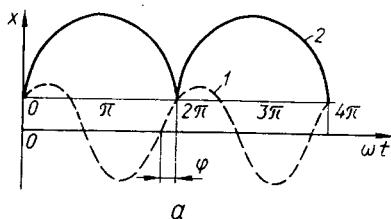


Рис. 36. Графики колебания систем с инерционной (а) и эксцентриковой (б) решетками:

1 — решетка; 2 — форма

той без изменения характера движения опоки во время удара.

Инерционные решетки (рис. 36, б) не имеют жесткого привода, поэтому неуравновешенная центробежная сила заставляет их колебаться на своих опорах. Вертикальная составляющая возмущающей силы изменяется по периодическому закону гармонического колебательного движения и имеет постоянные период и амплитуду. Возбуждаемые колебания инерционной решетки состоят из собственных и вынужденных колебаний с частотой, отличной от частоты возмущающей силы, и по фазе сдвинутых относительно синусоиды изменения этой силы. Их частота, амплитуда и фаза зависят от массы решетки и жесткости ее опор.

Цель работы — освоение методики расчета механических (инерционных и эксцентриковых) решеток.

### Порядок выполнения работы

*Расчет инерционной выбивной решетки.* Источником колебаний в таких механизмах является вибратор, который представляет собой горизонтальный неуравновешенный вал, вращающийся в прикрепленных к раме решетки подшипниках. Возмущающую силу при вращении вала можно регулировать грузами-дебалансами.

Характер колебаний инерционных решеток неустойчив. В начальный момент форма перемещается вместе с решеткой вверх. При замедлении движения опока под действием сил инерции, сообщенных форме, отделяется от решетки, между ними образуется зазор. Возвращаясь в исходное положение, опока встречается с решеткой, которая поднимается вверх. Происходит соударение и форма разрушается.

Расчет инерционной решетки заключается в определении угловой скорости вала вибратора, возмущающей силы, жесткости опорных пружин и мощности электропривода. Для примера рассчитаем параметры инерционной решетки для выбивки форм массой  $G = 750$  кг.

Вначале вычислим угловую скорость вала вибратора по формуле

$$\omega = \frac{2(1 + \mu)}{\mu(1 + R)} \pi \sqrt{\frac{g}{2e_0}},$$

где  $\mu$  — отношение массы решетки к массе формы;

$R$  — коэффициент восстановления скорости. (Для чугунных опок  $R = 0,15-0,2$ , для стальных  $R = 0,2-0,25$ );

$g$  — ускорение силы тяжести, мм/с<sup>2</sup>;

$e_0$  — удельная энергия удара на единицу веса.

Рекомендуется значение  $e_0$  принимать в зависимости от величины  $\mu$ :

при  $\mu \geq 1$   $e_0 = 25-30$  кг · мм/кг;

если  $0,75 \leq \mu \leq 1$ , то  $e_0 = 35-40$  кг · мм/кг.

Для нашего примера  $\mu = 1$   $e_0 = 25$  кг · мм/кг,  $R = 0,2$ . Тогда

$$\omega = \frac{2(1+1,0)}{1,0(1+0,2)} 3,14 \sqrt{\frac{9810}{2 \cdot 25}} = 147.$$

Число оборотов вала вибратора в минуту

$$n_{\text{в}} = \frac{30\omega}{\pi} = \frac{30 \cdot 147}{3,14} = 1400.$$

Величину возмущающей силы можно определить по формуле

$$F_0 = (G_p + G_{\phi}) \pi \frac{1-R}{1+R} \left(1 - \frac{\omega_p^2}{\omega^2}\right),$$

где  $G_p, G_{\phi}$  — масса решетки и формы, кг;

$\omega_p$  — частота собственных колебаний решетки ( $\omega_p = 20-60$  1/с).

Если принять  $G_p = 1 \cdot 750 = 750$  кг и  $\omega_p = 40$  1/с, то

$$F_0 = (750 + 750) 3,14 \frac{1-0,2}{1+0,2} \left(1 - \frac{40^2}{147^2}\right) = 2908 \text{ кг.}$$

Массу неуравновешенного груза найдем из выражения  $G_0 = F_0 g / \omega^2 r$  ( $r$  — радиус окружности, проходящей через центр тяжести неуравновешенного груза).

При  $r = 100$  мм  $G_0 = 2908 \cdot 9,81 : 147^2 \cdot 0,1 = 13,2$  кг.

Суммарная жесткость пружин определяется по формуле

$$\sum k_p = \omega_p^2 M_{\text{сис}}$$

где  $M_{\text{сис}}$  — масса системы.

Для нашего примера

$$\sum k_p = 40^2 \frac{750 + 750}{981} = 2450 \text{ кг/см.}$$

Если амортизаторы решетки имеют 8 пружин, то жесткость одной

$$\frac{\sum k_p}{8} = 2450 : 8 = 306 \text{ кг/см.}$$

Мощность электропривода для решетки

$$N = \frac{\pi g G_\phi}{102 \eta \omega} \frac{1-R}{1+R} \frac{1+\mu}{\mu} =$$

$$= \frac{3,14 \cdot 9,81 \cdot 750}{102 \cdot 0,8 \cdot 147} \frac{1-0,2}{1+0,2} \frac{1+1}{1} = 2,54 \text{ кВт,}$$

где  $\eta$  — коэффициент полезного действия решетки ( $\eta = 0,8-0,9$ ).

*Расчет эксцентриковой выбивной решетки.* Исходные данные: масса опок — 750 кг, размеры решетки 1200 × 1000 мм, коэффициент скорости  $R = 0,2$ , величина энергии удара  $e_0 = 16 \text{ кг} \cdot \text{мм/кг}$ ; масса рамы решетки  $G_p = 1000 \text{ кг}$ .

Расчет ведется в такой последовательности.

1. Число оборотов эксцентрикового вала

$$n = \frac{30k}{1+R} \sqrt{\frac{2g}{e_0}},$$

где  $k$  — повторение величины соударений через  $n$  оборотов эксцентрикового вала.

При  $k = 1$

$$n = \frac{4400}{1+R} \frac{1}{\sqrt{e_0}}.$$

Подставляя в формулу исходные данные, получаем


$$n = \frac{4400}{1+0,2} \frac{1}{\sqrt{16}} = 910 \text{ об/мин.}$$

По каталогу электромотор имеет 920 об/мин при угловой скорости  $\omega = \pi n / 30 = 3,14 \cdot 920 : 30 = 96,5 \text{ 1/с}$ .

2. Величина эксцентриситета

$$E = \frac{\pi g}{\omega^2 \cos \varphi} \frac{1-R}{1+R},$$

где  $\varphi$  — фазовый угол, обеспечивающий устойчивое движение и соответствующий относительной скорости формы и решетки.



Устойчивому режиму соответствует угол  $\varphi = 32^\circ$  или  $\cos\varphi = 0,85$ . В этом случае

$$E = \frac{3,14 \cdot 9810}{96,5^2 \cdot 0,85} \frac{1 - 0,2}{1 + 0,2} = 2,6 \text{ мм.}$$

3. Мощность двигателя с учетом того, что  $\eta = 0,7$ ,

$$N = \frac{\pi g G_\phi}{102 \omega \eta} \frac{1 - R}{1 + R} = \frac{3,14 \cdot 9,81 \cdot 750}{102 \cdot 96,5 \cdot 0,7} \frac{1 - 0,2}{1 + 0,2} = 2,24 \text{ кВт.}$$

### Содержание отчета

Сравнить данные, полученные при расчете механических выбивных решеток, и сделать выводы о целесообразности применения соответствующей конструкции.

### Контрольные вопросы

1. Сравните конструкции эксцентриковой и инерционной решеток.
2. Какая решетка более экономична в работе и почему?
3. Изложите методику расчета механических решеток.
4. В чем заключаются недостатки пневматических выбивных решеток?

### РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Аксенов П. Н. Некоторые вопросы теории машин литейного производства. М., Машгиз, 1962. 232 с.

Аксенов П. Н. Оборудование литейных цехов. М., Машиностроение, 1977. 509 с.

Орлов Г. И. Автоматические установки для выбивки литейных форм. М., Машгиз, 1961. 131 с.

Анащенко Н. Н., Пепенко В. Д. Расчет оборудования литейных цехов. Харьков, Изд-во Харьк. ун-та, 1963. 147 с.

## Практическая работа 17

### РАСЧЕТ КОВША ДЛЯ РАЗЛИВКИ ЖИДКОГО МЕТАЛЛА

#### Общие сведения

В литейных цехах используются ковши, различные как по форме (конические, барабанные), так и по способу разливки металла (стопорные, с разливкой через нссок).



Выбор ковша обуславливается видом сплава, емкостью плавильного агрегата, развесом заливаемых форм, организацией работы на участке. Ковши большой емкости оборудуются поворотным механизмом, поэтому следует определить его опрокидывающий момент для расчета поворотного механизма.

Существует два способа расположения на ковше оси вращения. При первом она размещена так, что при любом угле наклона (до полного опорожнения ковша от металла) опрокидывающий момент имеет положительное значение, т. е. ковш все время находится в устойчивом равновесии. Согласно второму способу ось поворота устанавливается таким образом, чтобы абсолютный момент был меньше максимального, полученного при безопасном положении оси.

Цель работы — изучение методики расчета ковша для разливки металла на конкретном примере. Определение основных размеров ковша, его центра тяжести, опрокидывающего момента и расчет цапф.

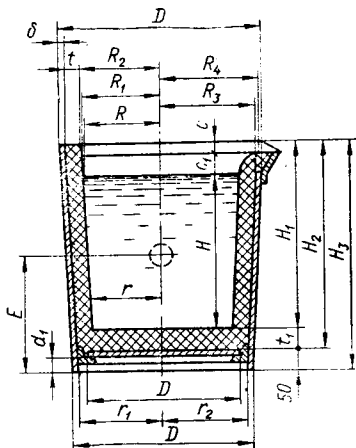


Рис. 37. Эскиз конического ковша

### Порядок выполнения работы

Рассмотрим на числовом примере методику расчета конического ковша для разливки чугуна емкостью  $Q = 5$  т. Размеры его определяются по следующим принятым зависимостям (рис. 37):

$$H = 2R, \quad r = 0,9R, \quad c = 0,1R,$$

$$c_1 = 0,2R, \quad \delta = 0,02R, \quad \delta_1 = 1,2\delta,$$

где  $H$  — высота металла в ковше, мм;  
 $R$  — радиус зеркала металла заполненного ковша, мм;  
 $r$  — малый радиус основания ковша, мм;  
 $c$  — расстояние от верхней кромки ковша до носка слива металла, мм;

$c_1$  — то же, до зеркала металла, мм;  
 $\delta, \delta_1$  — толщина тела обечайки (кожуха) и днища.

В ковшах, предназначенных для стали, отверстие для слива металла делается в дне, поэтому принимается  $c = 0$ , а  $c_1 = 0,3R$ , что позволяет удерживать при разливке большую толщину жидкого шлака над металлом и тем самым препятствовать быстрому охлаждению верхних его слоев.

Радиус зеркала металла определяется из соотношения

$$V = \frac{\pi H}{3} (R^2 + Rr + r^2) \gamma.$$

Здесь  $\gamma$  — удельный вес жидкого металла, кг/дм<sup>3</sup>. (Для чугуна  $\gamma = 7$ , а для стали  $\gamma = 7,15$ ).

Подставляя в формулу соответствующие значения, получаем

$$5000 = \frac{3,14 \cdot 2R}{3} (R^2 + Rr + r^2) \gamma = 5,67R^3,$$

откуда

$$R = \sqrt[3]{\frac{5000}{5,67 \cdot 7}} = 5 \text{ дм.}$$

Тогда остальные размеры ковша:  $r = 450$  мм,  $H = 1000$  мм,  $c = 50$  мм,  $c_1 = 100$  мм,  $\delta = 10$  мм,  $\delta_1 = 12$  мм.

Толщина футеровки стен  $d_0 = 100$  мм, днища  $d_1 = 150$  мм. Так как конструкция крепления днища к обечайке может

быть разнообразной, то расстояние от него до нижней кромки ковша определяется замером.

Для определения координат центра тяжести ковша разобьем его на отдельные элементы и подсчитаем массу и центр тяжести каждого из них в вертикальной плоскости (табл. 15).

Из расчета видно, что безопасная ось поворота находится на 0,5 дм (5,79 — 5,29) выше центра тяжести ковша с металлом.

Для определения центра тяжести металла, оставшегося в ковше при его повороте на угол  $\varphi$ , расположим начало координат на оси в точке  $O$

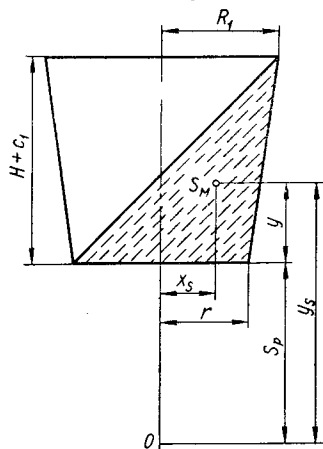


Рис. 38. Схема определения координат центра тяжести ковша

(рис. 38), расстояние от нее до дна полости вычислим следующим образом:

$$S_p = \frac{H + c_1}{4} \frac{r}{R_1 - r} = \frac{11}{4} \frac{4,5}{5,05 - 4,5} = 22,5 \text{ дм.}$$

Угол поворота, соответствующий такому положению ковша, когда его днище начинает обнажаться, устанавливается из соотношения

$$\varphi = \operatorname{arctg} \frac{H + c_1}{R_1 - r} = \operatorname{arctg} \frac{11}{5,05 - 4,5} = \operatorname{arctg} 1,15183,$$

т. е.  $\varphi = 48^\circ 07'$ ;  $\sin \varphi = 0,733$  и  $\cos \varphi = 0,68$ .

Объем оставшегося в ковше металла

$$V = \frac{\pi(H + c_1)}{3} \frac{(rR_1)^{3/2} - r^3}{R_1 - r} = \frac{3,14 \cdot 11}{3} \times \\ \times \frac{(4,5 \cdot 5,05)^{3/2} - 4,5^3}{5,05 - 4,5} = 11,51 \cdot 31,27 = 360 \text{ дм}^3,$$

а его масса  $Q = V\gamma = 360 \cdot 7 = 2520 \text{ кг.}$

Суммарный опрокидывающий момент ковша с металлом

$$M = G_k(d - y_e) \sin \varphi - \gamma(Vx_S \cos \varphi - \gamma V(y_e - S_p - d) \sin \varphi.$$

В этом случае

$$Vx_S = \frac{\pi(H + c_1)}{8} (rR_1)^{3/2} = \frac{3,14 \cdot 11}{8} (4,5 \cdot 5,05)^{3/2} = \\ = 4,317 \cdot 108,3 = 467,7 \text{ дм}^4;$$

$$Vy_S = \frac{\pi(H - c_1)^2}{8} \frac{(rR_1)^{3/2}}{R_1 - r} = \frac{3,14 \cdot 11^2}{8} \frac{(4,5 \cdot 5,05)^{3/2}}{5,05 - 4,5} = \\ = 47,5 \cdot 196,96 = 9355,6 \text{ дм}^4;$$

$$x_S = \frac{467,7}{3} = 1,3 \text{ дм;}$$

$$y_S = \frac{9355,6}{V} = \frac{9355,6}{360} = 25,93 \text{ дм.}$$

Таким образом,  $y = y_S - S_p = 25,93 - 22,5 = 3,93 \text{ дм.}$

Из уравнения определения суммарного момента ковша с металлом находим расстояние от дна ковша до безопасной оси поворота

Таблица 15. Расчетная ведомость элементов ковша

Наименование	Формула	Расчет	Примечание
<i>Пустой ковш с футеровкой</i>			
Стальная обечайка: масса, кг	$Q_1 = \pi H_3 (R_4 + r_2) \delta \gamma$	$Q_1 = 3,14 \cdot 13,5 (6,125 + 5,45) 0,1 \times$ $\times 7,85 = 385$	$\gamma = 7,85$ кг/дм <sup>3</sup> $\alpha = 3^{0,8}$
расстояние от верхней кромки до ее центра тя- жести, дм	$S_1 = \frac{H_3 R_4 + 2r_2}{R_4 + r_2}$	$S_1 = \frac{13,5 \cdot 6,125 + 2 \cdot 5,45}{6,125 + 5,45} = 6,6$	
Стальное дно ковша: масса, кг	$Q_2 = \frac{\pi D^2}{4} \delta_1 \gamma$	$Q_2 = \frac{3,14 \cdot 10,4^2}{4} 0,12 \cdot 7,85 = 80$	
расстояние от верхней кромки до его центра тяжести, дм	$S_2 = H_2 + \frac{\delta_1}{2}$	$S_2 = 13 + \frac{0,12}{2} = 13,06$	
Уголок нижнего пояса: масса, кг	$Q_3 = ql$	$Q_3 = 17,9 \cdot 3,4 = 61$	Размер уголка $100 \times 100 \times 12$ длина $l = 3400$ мм
расстояние от верхней кромки до его центра тя- жести, дм	$S_3 = H_2 + S_1 + S_2 - z$	$S_3 = 13 + 0,12 + 0,12 - 0,29 = 12,95$	
Большой (внешний) конус футеровки: масса, кг	$Q_4 = \frac{\pi H_2}{3} (R_3^2 + R_3 r_1 + r_1^2) \gamma_\phi$	$Q_4 = \frac{3,14 \cdot 13}{3} (6,075^2 + 6,075 \times$ $\times 5,425 + 5,425^2 \cdot 2 = 2700$	$\gamma_\phi = 2$ кг/дм <sup>3</sup>

расстояние от верхней кромки до его центра тяжести, дм	$S_4 = \frac{H_2}{4} \times$ $\times \frac{R_3^2 + 2R_3r_1 + 3r_1^2}{R_3^2 + R_3r_1 + r_1^2}$	$S_4 = \frac{13}{4} (6,075^2 + 2 \cdot 6,075 \cdot 5,425 +$ $+ 3 \cdot 5,425^2) : (6,075^2 + 6,075 \times$ $\times 5,425 + 5,425^2) = 6,25$
Малый (внутренний) конус футеровки: масса, кг	$Q_5 = \frac{\pi H_4}{4} (R_2^2 + R_2r +$ $+ r^2) \gamma_{\phi}$	$Q_5 = \frac{3,14 \cdot 11,5}{3} (5,075^2 + 5,075 \cdot 4,5 +$ $+ 4,5^2) 2 = 1656$
расстояние от верхней кромки до его центра тяжести, дм	$S_3 = \frac{H_1}{4} \frac{R_2^2 + 2R_2r + 3r^2}{R_2^2 + R_2r + r^2}$	$S_3 = \frac{11,5 \cdot 5,075^2 + 2 \cdot 5,075 \cdot 4,5 + 3 \cdot 4,5^2}{4 \cdot 5,075^2 + 5,075 \cdot 4,5 + 4,5^2} =$ $= 5,54$
Масса пустого ковша, кг Координата центра тяжести пустого ковша, дм	$G_K = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 - Q_5$ $y_e = H_1 - S$	$G_K = 385 + 80 + 61 + 2700 - 1656 = 1570$ $y_e = 11,5 - 7,69 = 3,81$
Расстояние от дна полости до центра тяжести пустого ковша, дм	$S = \frac{Q_1 S_1 + Q_2 S_2 + Q_3 S_3 +$ $+ Q_4 S_4 - Q_5 S_5}{G_K}$	$S = \frac{385 \cdot 6,6 + 80 \cdot 13,06 + 61 \times$ $\times 12,95 + 2700 \cdot 6,25 -$ $- 1656 \cdot 5,54}{1570} =$ $\frac{12076,5}{1570} = 7,69$

\* Длина образующей стальной обечайки ковша принята равной высоте обечайки, так как угол  $\alpha$  между ними небольшой (3—5°).

Наименование	Формула	Расчет	Примечание
<i>Ковш, наполненный металлом</i>			
Расстояние от центра тяжести жидкого металла: до верхней кромки ковша, дм	$S_M = c + \frac{H + c_1}{4} \times \frac{R_1^2 + 2R_1r + 3r^2}{R_1^2 + R_1r + r^2}$	$S_M = 0,5 + \frac{11}{4} \times \frac{5,05^2 + 2 \cdot 5,05 \cdot 4,5 + 3 \cdot 4,5^2}{5,05^2 + 5,05 \cdot 4,5 + 4,5^2} = 5,79$	
до дна полости ковша, дм	$y_M = H_1 - S_M$	$y_M = 11,5 + 5,79 = 5,71$	
Масса металла в ковше, кг	$Q = \frac{\pi(H - c_1)}{3} (R_1^2 + R_1r + r^2) \gamma_M$	$Q = \frac{3,14 \cdot 11}{3} (5,05^2 + 5,05 \times 4,5 + 4,5^2) 7 = 5525$	$\gamma_M = 7 \text{ кг/дм}^3$ — удельный вес жидкого металла
Расстояние от дна полости ковша до общего центра тяжести ковша с металлом, дм	$y_0 = \frac{Qy_M + c_K y_e}{Q + c_K}$	$y_0 = \frac{5525 \cdot 5,71 + 1570 \cdot 3,81}{5525 + 1570} = 5,29$	

$$d = \frac{G_k y_e + \gamma \frac{\pi}{4} \left[ R^4 + \frac{(H + c_1)^2 R_1^3 (H - c_1)^2 r R_1^3 - r^3}{R_1 - r} \right]}{G_k + \gamma \frac{\pi}{3} (H + c_1) \frac{\pi}{3} (H + c_1) \frac{R_1^3 - r^3}{R_1 - r}}$$

$$= \frac{1570 \cdot 3,81 + 7 \frac{3,14}{4} \left[ 5,05^4 + \frac{11^2 \cdot 5,05^3}{5,05 - 4,5} - \frac{11^2 \cdot 4,5 \cdot 5,05^3 - 4,5^4}{3 \cdot 5,05 - 4,5^2} \right]}{1570 + 7 \frac{3,14}{3} 11 \frac{5,05^3 - 4,5^3}{5,05 - 4,5}}$$

$$= \frac{40869}{7088} = 5,77 \text{ дм.}$$

Для безопасной работы ковша ось его поворота должна быть расположена выше общего центра тяжести ковша с металлом. Опрокидывающий момент в этом случае достигает больших величин и преодолеть его ручным механизмом трудно. Так как скорость поворота ковша должна обеспечивать непрерывную струю истечения металла при разливке, механизм должен иметь передаточное число в пределах 80—120.

Если ось поворота будет находиться ниже общего центра тяжести ковша с металлом, то при отказе поворотного механизма ковш может самопроизвольно опрокинуться. Поэтому механизм поворота изготавливают с большим запасом прочности.

Определим координату оси поворота ковша с ручным приводом с учетом того, что усилие поворота на ободу маховика на одного рабочего не превышает 15—18 кг. Расчет произведем по двум опрокидывающим моментам ковша: а) пустого, повернутого на угол 90°; б) с металлом, повернутого на угол  $\varphi$ .

Создаваемый одним рабочим опрокидывающий момент пустого ковша

$$M_{\text{опр}} = G_k (d - y_e) = q R I \eta,$$

где  $G_k$  — масса пустого ковша, кг;

$d$  — расстояние от дна полости ковша до оси поворота, см;

$y_e$  — то же до центра тяжести, см;

$q$  — усилие поворота, кг;

$R$  — радиус маховика, см;

$I$  — передаточное число механизма поворота;

$\eta$  — коэффициент полезного действия механизма поворота.

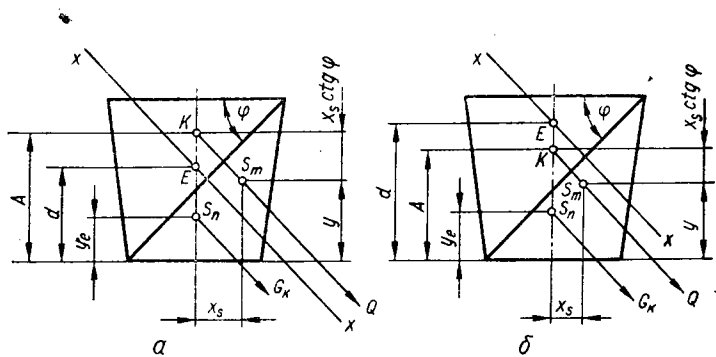


Рис. 39. Схема расположения сил, действующих на ковш при его повороте на угол  $\varphi$ :

$a - d < A$ ;  $b - d > A$ .

Так как  $G_k = 1570$  кг,  $y_e = 38,1$  см,  $q = 16$  кг, а остальные значения принимаем  $R = 40$  см,  $I = 100$ ,  $\eta = 0,2$ , то  $M_{\text{опр}} = 1570(d - 38,1) + 16 \cdot 40 \cdot 100 \cdot 0,2 = 12800$  кг · см.

Расстояние от дна полости ковша до оси поворота

$$d = \frac{12800 + 1570 \cdot 38,1}{1570} = \frac{72617}{1570} = 46,5 \text{ см.}$$

Чтобы определить опрокидывающий момент пустого ковша, повернутого на угол  $\varphi$  относительно оси  $M$ , необходимо установить расположение цапфы  $E$  и точки пересечения оси ковша с линией  $K$ , проходящей через центр тяжести оставшегося металла перпендикулярно его зеркалу (рис. 39, а).

Координата точки  $K$  определяется по следующей зависимости:  $A = y + x_s \text{ctg} \varphi = 393 + 130 \text{ctg} 48^\circ 07' = 393 + 130 \cdot 0,8967 = 510$  мм.

Расстояние от дна полости ковша до оси поворота равно  $d = 46,5$  см. Таким образом, если  $d < A$ , можно получить условия, при которых  $d > A$ , что видно из рис. 39, б.

Таким образом,

$$\begin{aligned} M &= -G_k(d - y_e) \sin \varphi + Q(y + x_s \text{ctg} \varphi - d) \sin \varphi = \\ &= -1570(46,5 - 38,1) \sin 48^\circ + 2520(39,3 + 13 \text{ctg} 48^\circ 07' - \\ &= -1570 \cdot 8,4 \cdot 0,7445 + 2520(39,3 + \\ &+ 130,8967 - 46,5) 0,7445 = -1455 \text{ кг} \cdot \text{см}. \end{aligned}$$

Из полученных данных можно установить, что наибольший опрокидывающий момент достигается при повороте пустого ковша. Поэтому для дальнейших расчетов прини-



маем  $M_{\text{опр}} = 12800 \text{ кг} \cdot \text{см}$ ,  $d = 46,5 \text{ см}$ . Значение  $d$  меньше величины (56,7 см), полученной для безопасного положения оси поворота.

Крутящий момент на оси червячного колеса вычисляется так:

$$M_{\text{кр}} = \frac{M_{\text{опр}}}{\sum \eta} = \frac{12800}{0,72} = 17800 \text{ кг} \cdot \text{см}^1,$$

где  $\sum \eta$  — суммарный коэффициент полезного действия двух цапф.

Низкое значение коэффициента полезного действия цапф объясняется тем, что они работают в трудных условиях (плохая смазка, высокие удельные давления, повышенная загрязненность поверхностей и т. д.).

Для расчета цапф и механизма поворота, включая червячный механизм, полученный крутящий момент следует увеличить в 2—2,5 раза, чтобы обеспечить безопасность работы. В этом случае  $M'_{\text{кр}} = 17800 \cdot 2,5 = 45000 \text{ кг} \cdot \text{см}$ .

При проектировании литейных ковшей диаметр и длину цапф определяют конструктивно, а изгибающий момент рассчитывают из уравнения

$$M_{\text{изг}} = Pl_1 = P \frac{2}{3} l.$$

Если  $l = 12 \text{ см}$ , то  $M_{\text{изг}} = (5525 - 1570) \frac{2}{3} l \approx 28400 \text{ кг} \cdot \text{см}$ .

Величина допускаемого напряжения на изгиб для литой стали марки 25Л рекомендуется не более  $400 \text{ кг/см}^2$ , а для ковшой марки 20— $550 \text{ кг/см}^2$ .

## Содержание отчета

Изложить расчет конкретного по емкости литейного ковша, сделать выводы и обосновать принятые решения. Приложить эскиз ковша, выполненный по полученным данным.

## Контрольные вопросы

1. Как подразделяются конструкции литейных ковшей по форме и способу разливки металла?
2. Приведите варианты расчета литейных ковшей.

<sup>1</sup> Данное значение крутящего момента ковша используется только при определении усилия поворота на ободу маховика.

3. Как может быть расположена ось поворота ковша по отношению к центру тяжести?

4. Охарактеризуйте недостатки ковшей, у которых ось поворота расположена в верхней части ковша (у сливного носка).

## РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Аксенов Н. П., Аксенов П. Н. Оборудование литейных цехов. Т. 1. М., Машгиз, 1948. 316 с.

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЛИТЕЙНЫХ ЦЕХОВ

### Практическая работа 18

#### РАСЧЕТ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ФОРМОВОЧНОГО ОТДЕЛЕНИЯ ЛИТЕЙНОГО ЦЕХА

Цель работы — изучить методику подбора и расчета литейного оборудования для формовочного отделения механизированного цеха.

#### Порядок выполнения работы

Для расчета принимаем: годовой действительный фонд рабочего времени при двухсменной работе  $\Phi_d = 3940$  ч; производство — массовое, годовую программу  $N_\Phi = 1120$  тыс. секций котлов; формовочное отделение оборудовано горизонтально-замкнутыми конвейерами (ГОСТ 5938—73) с тележками  $650 \times 1000$  мм, и шагом их  $a = 1260$  мм. На конвейерах установлены машины 2М265 с часовой производительностью  $q = 50$  опок размером  $600 \times 800$  мм для отливок одной секции котла в каждой.

Вначале определяем необходимое количество пар формовочных машин для всех конвейеров

$$n = \frac{N_\Phi}{\Phi_d q} = \frac{1120000}{3940 \cdot 50} = 5,68 \approx 6.$$

Если у конвейера установить три пары машин, то скорость его

$$v = \frac{N'_\Phi a}{60z\eta} = \frac{150 \cdot 1,25}{60 \cdot 1 \cdot 0,94} = 3,32 \text{ м/мин,}$$

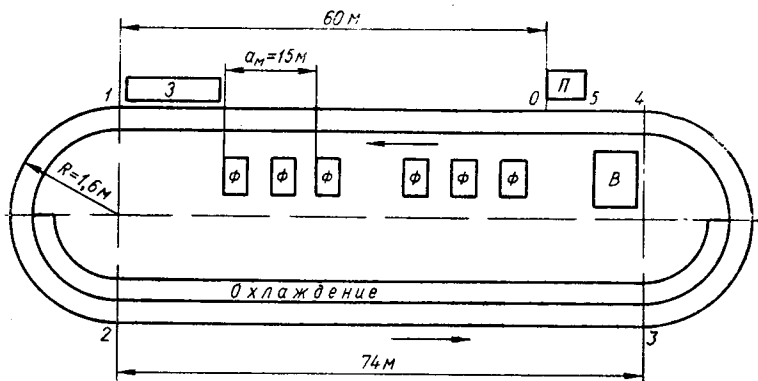


Рис. 40. Схема расположения литейного конвейера

где  $N'_\Phi$  — количество форм, изготовленных тремя парами машин в час;

$z = 1$  — количество форм на одной тележке конвейера;

$\eta = 0,94$  — коэффициент заполнения тележек.

Рассчитаем длину каждого участка конвейера (рис. 40).

### 1. Формовочный

$$L_\Phi = n a_M,$$

где  $n$  — число пар машин на конвейере;

$a_M$  — шаг пар машин.

При  $n = 3$  и  $a_M = 15$  м  $L_\Phi = 3 \cdot 15 = 45$  м.

### 2. Заливочный

$$L_3 = t_3 v K.$$

Здесь  $t_3$  — время заливки одной формы;

$K$  — количество одновременно заливаемых форм.

Если  $t_3 = 1,7$  мин, а  $K = 2$ , то  $L_3 = 1,7 \cdot 3,32 \cdot 2 = 11,3$  м. Для удобства работы заливщиков примем  $L_3 = 15$  м.

### 3. Охлаждающий

$$L_{ох} = t_{ох} v,$$

где  $t_{ох}$  — время затвердевания и охлаждения отливки.

При  $t_{ох} = 24$  мин  $L_{ох} = 24 \cdot 3,32 = 80$  м

4. Длину выбивного участка  $L_{\text{выб}}$  принимаем равной 14 м.

Таким образом, длина конвейера

$$L_{\text{к}} = L_{\text{ф}} + L_{\text{з}} + L_{\text{ох}} + L_{\text{выб}} = 45 + 15 + 80 + 14 = 154 \text{ м.}$$

Число тележек на конвейере

$$n_{\text{т}} = \frac{L_{\text{к}}}{a} = \frac{154}{1,25} = 124 \text{ шт.}$$

Пропускную способность одного конвейера вычисляем по формуле

$$N_{\text{к}} = \frac{60\Phi_{\text{д}} v n_{\text{т}} z \eta}{L_{\text{к}}} = \frac{60 \cdot 3940 \cdot 3,32 \cdot 124 \cdot 1 \cdot 0,94}{154} = 594038$$

форм в год.

Необходимое количество конвейеров

$$n_{\text{к}} = \frac{N_{\text{ф}}}{N_{\text{к}}} = \frac{1120000}{594038} = 1,88 \approx 2.$$

Коэффициент загрузки конвейеров  $\eta_{\text{к}} = 1,88 : 2 = 0,94$ .  
Парк опок на один конвейер

$$n_{\text{оп}} = 1,2 N_{\text{ф}}' \frac{L_{\text{к}}}{60v} = 1,2 \cdot 150 \frac{154}{60 \cdot 3,32} = 139,1 \approx 140 \text{ шт.}$$

Тяговое усилие конвейера определяем последовательным расчетом и суммированием сопротивлений на участках трассы. Для конвейера с размерами тележек  $650 \times 1000$  мм масса одного погонного метра ходовой части  $G_0 = 255$  кг/м, наибольшая полезная нагрузка на одну тележку  $G_{\text{п}} = 1000$  кг, радиус поворота ходовой части  $R = 1600$  мм.

Привод конвейера устанавливается в конце наиболее загруженного участка — выбивного. Для правильной работы конвейера в точке схода цепи с привода (точка О) необходимо обеспечить натяжение

$$s_0 = 0,1 (G_0 + G_{\text{п}}),$$

где  $G_0$  — масса ходовой части конвейера длиной в шаг.

Если  $G_0 = 255 \cdot 1,25 = 320$  кг, то  $s_0 = (320 + 1000) \times 0,1 = 132$ .

Натяжение цепи в точке 1 (кг)

$$s_1 = s_0 + (G_0 + G_n) \frac{l_{0-1}}{a} \omega.$$

При длине участка  $l_{0-1} = 60$  м и коэффициенте сопротивления движению тележек на прямолинейном участке трассы конвейера  $\omega = 0,017$

$$s_1 = 132 + (320 + 1000) \frac{60}{1,25} 0,017 = 1209,12 \text{ кг.}$$

На криволинейных участках трассы натяжение цепи рассчитываем по формуле  $s_2 = s_1 k + (G_0 + G_n) \omega'$  кг, где  $k$  и  $\omega'$  — коэффициенты сопротивления движению тележек, зависящие от радиуса закругления трассы и ее угла поворота.

Принимаем  $k = 1,05$ ,  $\omega' = 0,145$ . Тогда  $s_2 = 1209,12 \times 1,05 + (320 + 1000) 0,145 = 1460,98$  кг.

Аналогично определяем натяжение цепи в точках 3, 4 и 5:

$$s_3 = 1460,98 + (320 + 1000) \frac{74}{1,25} 0,017 = 2789,4 \text{ кг;}$$

$$s_4 = 2789,4 \cdot 1,05 + (320 + 1000) 0,145 = 3120,27 \text{ кг;}$$

$$s_5 = 3120,27 + (320 + 1000) \frac{14}{1,25} 0,017 = 3371,6 \text{ кг.}$$

Тяговое усилие привода  $P = s_5 - s_0 = 3371,6 - 132 = 3239,6$  кг.

Потребная мощность двигателя на конвейере (кВт)

$$N = \frac{k_1 P v_{\max}}{60 \cdot 102 \eta},$$

где  $k_1 = 1,2$  — коэффициент запаса мощности;  
 $v_{\max} = (1,5 - 2) v$  — максимально возможная скорость движения конвейера ( $v_{\max} = 6$  м/мин);  
 $\eta = 0,7$  — коэффициент полезного действия передаточного механизма привода.

Таким образом,

$$N = \frac{1,2 \cdot 3239,6 \cdot 6}{60 \cdot 102 \cdot 0,7} = 5,4 \text{ кВт.}$$

## **Содержание отчета**

Привести данные по подбору и расчету технологического оборудования формовочного отделения, изложить методику определения мощности привода литейного конвейера. Представить эскиз участка.

### **Контрольные вопросы**

1. В чем заключается принцип подбора технологического оборудования для литейного цеха?
2. Изложите методику расчета длины литейного конвейера.
3. Как определяется пропускная способность, тяговое усилие и мощность привода конвейера?

### **РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА**

Рыбальченко Н. А. Проектирование литейных цехов. Харьков, Изд-во Харьк. ун-та, 1965. 307 с.  
Сливаковский А. О., Дьячков В. К. Проектирующие машины. М., Машиностроение, 1968. 504 с.

## **Практическая работа 19**

### **РАСЧЕТ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ЛИТЕЙНОГО ЦЕХА МЕЛКОСЕРИЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

Цель работы — освоить методику подбора и расчета соответствующего количества литейного оборудования для укомплектования отделений цеха.

### **Порядок выполнения работы**

Необходимо разработать проект цеха чугунного литья для ремонта оборудования машиностроительного завода мощностью 30 000 т годного литья в год. Режим работы — двухсменный с действительным годовым фондом времени работы 3935 ч. Состав литья цеха определяется номенклатурой весовых групп (табл. 16). Для первых четырех групп

проект предусматривает изготовление форм из песчано-глинистых смесей по-сырому, для остальных — из жидкостекольных смесей с поверхностной подсушкой. Расчет количества оборудования для проектируемого цеха представлен в табл. 17.

Таблица 16. Распределение заданной программы проектируемого цеха по весовым группам

№ п/п	Весовая группа отливок, кг	Количество в год	
		т	%
1	До 50	3 000	10
2	50—100	3 000	10
3	101—250	4 500	15
4	251—500	6 000	20
	<i>Итого по 1—4</i>	16 500	55
5	501—1000	9 000	30
6	Свыше 1000	4 500	15
	<i>Итого по 5—6</i>	13 500	45
	<b>Всего</b>	30 000	100

По проекту отливки изготавливаются из серого чугуна марки С4 12—28, выплаваемого в вагранке с производительностью 16 т/ч.

### Содержание отчета

Привести расчеты необходимого для проектируемого цеха технологического оборудования, обосновать его выбор, составить план размещения оборудования на участке.

### Контрольные вопросы

1. Каким образом выражается программа цеха мелкосерийного производства?
2. Что собой представляет баланс металла?
3. Как рассчитать количество плавильных агрегатов (вагранок)?
4. Изложите методику расчета оборудования стержневого отделения.
5. Чем различаются методики расчета программ цехов индивидуального и массового производства?

Таблица 17. Определение количества оборудования

Наименование	Исходные данные	Количество на год			Формула и расчет необходимого оборудования (материала)	Принятое количество	Коэффициент загрузки оборудования
		%	т	шт.			
<i>Формовочное отделение</i>							
Формовочные машины типа 267М и 254М	Масса отливок в форме 200 кг	55	16500	82500	$n = \frac{N_{\Phi}}{\Phi_{\text{д}q\Phi}} = \frac{82500}{3935 \cdot 30} = 0,7$	1	0,7
	Масса отливок в форме 400 кг	45	13500	33750	$n = \frac{N_{\Phi P}}{\Phi_{\text{д}q1}} = \frac{33750 \cdot 1,2}{3935 \cdot 12} = 0,85$	1	0,85
<i>Стержневое отделение</i>							
Пескострельные машины: 9128Б5	Стержни массой до 10 кг	15	4500	562500	$n = \frac{N_{\text{ст}K}}{\Phi_{\text{д}q\text{ст}}} = \frac{562500 \cdot 1,1}{3935 \cdot 400} = 0,4$	1	0,40



9128Б7	То же, до 30 кг	25	7500	300000	$n = \frac{N_{\text{ст}} K}{\Phi_{\text{д}} q_{\text{ст}}} =$ $= \frac{300000 \cdot 1,1}{3935 \cdot 150} = 0,56$	1	0,56
9128Б9	То же, свыше 30 кг	55	16500	330000	$n = \frac{N_{\text{ст}} K}{\Phi_{\text{д}} q_{\text{ст}}} =$ $= \frac{330000 \cdot 1,1}{3935 \cdot 120} = 0,77$	1	0,77
Изготовление вручную	Единичные стержни	5	1500	15000	$n_{\text{р. м}} = \frac{15000}{2170} = 6,91$	7	—
Сушка штучных стержней массой: до 30 кг	Сушатся в камерных сушилах непрерывного действия. Наибольший размер плит 865 × 550 мм	55	12000	1192500	$\frac{Q_{\text{ст}} K q_{\text{ст}} t}{\Phi_{\text{д}} b n_{\text{э}} \eta} =$ $= \frac{12000 \cdot 1,1 \cdot 2,5 \cdot 30}{3935 \cdot 0,35 \cdot 35 \cdot 0,85} =$ $= 2,56$	3	0,85
свыше 30 кг	Сушатся в камерных сушилах два цикла в смену при заполнении на 15%	45	18000	—	$\frac{Q_{\text{ст}} t}{\Phi_{\text{д}} \eta \eta_1} =$ $= \frac{18000 \cdot 3,0}{3935 \cdot 3,8 \cdot 0,8} = 4,5$	6	0,75

Наименование	Исходные данные	Количество на год			Формула и расчет необходимого оборудования (материала)	Принятое количество	Коэффициент загрузки оборудования
		%	т	шт.			
Приготовление смеси на 1 т годового литья:							
общий расход, т	6	—	180000	—	—	—	—
В том числе:							
наполнительной облицовочной стержневой	4 1 1	— — —	120000 30000 30000	— — —	— — —	— — —	— — —
Потребность в материалах для изготовления смеси:							
направляется на регенерацию отработанной смеси	50% от общего расхода смеси	50	90000	—	—	—	—
используется после регенерации	60% от прошедшего регенерацию	60	54000	—	—	—	—
Необходимо свежих материалов	40% от общего расхода	40	126000	—	—	—	—

## Смесеприготовительное отделение

Потребность в смесях, шт.: 15126	$q_{см} = 60 \text{ т/ч}$	—	30000	—	$n_{см} = \frac{Q_{см} K}{\Phi_{д} q_{см}} =$ $= \frac{30000 \cdot 1,1}{3935 \cdot 60} = 0,14$	1	0,14
1524	$q_{см} = 90 \text{ т/ч}$	—	120000	—	$n_{см} = \frac{Q_{см} K}{\Phi_{д} q_{см}} =$ $= \frac{120000 \cdot 1,1}{3935 \cdot 90} = 0,37$	1	0,37
1A12M	$q_{см} = 12 \text{ т/ч}$	—	30000	—	$n_{см} = \frac{Q_{см} K}{\Phi_{д} q_{см}} =$ $= \frac{30000 \cdot 1,1}{3935 \cdot 12} = 0,7$	1	0,70

Отделение выбивки и очистки

Выбивка стержней и очистка в гидрокамере	Отливки массой более 400 кг при $q_k = 6 \text{ т/ч}$	—	13500	—	$n_v = \frac{Q}{\Phi_{д} q_k} =$ $= \frac{13500}{3935 \cdot 6} = 0,57$	1	0,57
Очистка в дробильных камерах $E = 136-000$	Отливки массой до 400 кг при $q_k = 5 \text{ т/ч}$	—	16500	—	$n_0 = \frac{Q}{\Phi_{д} q_k} =$ $= \frac{16500}{3935 \cdot 5} = 0,84$	1	0,84

Наименование	Исходные данные	Количество на год			Формула и расчет необходимого оборудования (материала)	Принятие коллече-ство	Коэффици-ент за-грузки оборудо-вания
		%	т	шт.			
Обрубка пневматиче-ским зубилом	20% от выпуска годных отливок	—	6000	—	$n_3 = \frac{Q}{\Phi_{д} q_0} =$ $= \frac{6000}{3935 \cdot 0,5} = 3,04$	4	0,76
Станки для гидро-испытания	10% от общего вы-пуска	—	—	11625	$n_{ис} = \frac{Q}{\Phi_{д} q_{г}} =$ $= \frac{11625}{3935 \cdot 100} = 0,3$	1	0,30
<i>Баланс металла</i>							
Годное литье	От завадки	72	30000	—	—	—	—
Литники	»	20	8360	—	—	—	—
Брак	»	3	1350	—	—	—	—
<i>Всего жидкого металла</i>	»	95	39710	—	—	—	—
Угар	»	5	2090	—	—	—	—
<i>Всего металличе-ской завадки</i>	—	100	41800	—	—	—	—
Вагранки для получе-ния металла марки СЧ 12—28, блоков	$q_B = 16$ т/ч, в блоке 2 вагранки	—	41800	—	$n_B = \frac{Q \alpha}{\Phi_{0B}} = \frac{41800 \cdot 1,2}{4140 \cdot 16} =$ $= 0,75$	1	0,75

Расчет площади цеха и рабочей силы

Общая площадь, м <sup>2</sup>	Съем с 1 м <sup>2</sup> принимаем 1,6 т в год	—	30000	—	$S_{об} = \frac{30000}{1,6} = 18758$	18760	—
Производственная площадь, м <sup>2</sup>	То же, 2,1 т в год	—	30000	—	$S_{пр} = \frac{70000}{2,1} = 14285$	14300	—
Количество работающих	Выпуск на одного работающего 60 т в год	—	30000	—	$P = \frac{30000}{60} = 500$	500	—
Количество списочных рабочих	Выпуск на одного рабочего 80 т в год	—	30000	—	$P_c = \frac{30000}{80} = 375$	375	—

Примечание:  $n$ ,  $q$  — количество и производительность соответствующего оборудования;  $N_{ф}$ ,  $N_{ст}$  — годовое количество форм и стержней;  $\Phi_d$ ,  $\Phi_0$  — действительный и номинальный годовой фонд времени, ч;  $P$  — объем смеси в форме, м<sup>3</sup>;  $Q$  — годовое количество соответствующего материала;  $K$ ,  $\alpha$ ,  $\eta$  — коэффициенты потерь, неравномерности отбора металла, использования объема сушилок;  $b$  — количество стержней на этажерке;  $t$  — время сушки стержней, ч.

## РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Рыбальченко Н. А. Проектирование литейных цехов. Харьков, Изд-во Харьк. ун-та, 1965. 307 с.

Проектирование машиностроительных заводов и цехов/Под ред. В. М. Шестоपालа. Т. 2. М., Машиностроение, 1974. 295 с.

## Практическая работа 20

### РАСЧЕТ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ЛИТЕЙНОГО ЦЕХА МАССОВОГО ПРОИЗВОДСТВА

Цель работы — освоение методики подбора и расчета необходимого количества технологического оборудования для проектируемого цеха и определение уровня его механизации и автоматизации.

### Порядок выполнения работы

Необходимо разработать проект чугунолитейного цеха с двухсменным параллельным режимом работы и мощностью 26 тыс. т годного литья в год для массового производства литых секций котлов из чугуна марки СЧ 12—28.

Вначале согласно программе составляется баланс металла марки СЧ 12—28 для секций котлов (табл. 18). Затем определяется количество отливок (табл. 19), форм и формовочной смеси (табл. 20), стержней, стержневых ящиков и стержневой смеси (табл. 21).

Таблица 18. Баланс металла на годовую программу

Статья	т	%
Годные отливки	26000	78,5
Металл литниковых систем	4200	12,6
Брак	1300	4,0
Жидкий металл	31500	95,0
Угар	1660	5,0
Металлозавалка	33600	100,0

Расчет оборудования для проектируемого цеха ведется согласно годовой программе и производительности каждого агрегата по формулам, приведенным в табл. 22.

Таблица 19. Расчетная ведомость количества и массы отливок на годовую программу

Наименование отливки	Индекс отливки	Количество отливок, тыс. шт.						Масса, отливок, т				Масса литников, кг		Масса жидкого металла, т	Марка металла
		на одно изделие	на основную продукцию	на запасные части	Итого	на покрытие брака	Всего	черновая	общая	на покрытие брака	Всего	на одну отливку	Всего		
Секция котла	СКЭ-3	0,026	182	18	200	10	210	0,13	26000	1300	27300	0,02	4200	31500	СЧ 12—28

Таблица 20. Расчетная ведомость формовочного отделения литейного цеха

Наименование отливки	Индекс отливки	Количество, шт.			Размер опок, мм	Расход формовочной смеси, т		Тип формовочных машин
		отливок		форм на год		на одну форму	на год	
		на одну форму	на год					
Секция котла	СКЭ-3	2	210000	105000	1700×1300×175	1,2	126000	Пескомет 2А98

Таблица 21. Расчетная ведомость стержневого участка

Наименование отливки	Стержень	Стержневая смесь	Количество стержней			Масса		Количество				Сушильные плиты		Тип машины	
			на одну отливку	на год, тыс. шт.	на покрытие брака, тыс. шт.	Всего, тыс. шт.	одного стержня, кг	годового выпуска, т	стержней в ящике, шт.	ящиков на год, тыс. шт.	стержней на плите, шт.	плит на год, тыс. шт.	Габариты, мм		Площадь на год, м <sup>2</sup>
Секция котла «Энергия-3»	1	1	2	420	20	440	1	440	8	55	8	55	600×400×240	13200	2855
	2	1	1	210	10	220	52	11440	1	220	1	220	140×800×112	246400	810
	3	1	2	420	20	440	0,5	220	8	55	8	55	600×400×240	13200	2855
	4	1	1	210	10	220	5,0	1100	2	110	2	110	700×500×350	38000	2855
	5	1	1	210	10	220	0,4	880	15	14,67	15	14,67	600×400×240	2620	2855



Таблица 22. Расчет оборудования литейного цеха по отделениям

Показатель	Формула и расчет необходимого оборудования (материала)	Принятое количество	Коэффициент загрузки
<i>Литейный конвейер</i>			
Скорость, м/мин	$v_k = \frac{N_{\Phi} a}{60 \Phi z \eta} = \frac{105000 \cdot 2,5}{60 \cdot 3935 \cdot 1 \cdot 0,85} = 1,3$	1,3	—
Длина по отделениям, м:			
формовочное	$L_{\Phi} = Ml = 90$	90	—
заливочное	$L_3 = 60 t_3 v_k n_k = 60 \cdot 0,25 \cdot 1,3 \cdot 1 = 17,94$	18	—
охладительное	$L_{ox} = t_{ox} v_k = 45 \cdot 1,3 = 58,5$	60	—
выбивное	$L_B = Ml = 15$	15	—
Общая длина	$\sum L_k = L_{\Phi} + L_3 + L_{ox} + L_B = 90 + 18 + 60 + 15 = 183$	185	—
Тележки ( $a = 2,5$ ), шт.	$n_T = \frac{\sum L_k}{a} = \frac{185}{2,5} = 74$	74	—
Пропускная способность, тыс. форм	$N_k = \frac{60 \Phi v_k n_i z \eta}{\sum L_k} = \frac{60 \cdot 3935 \cdot 1,3 \cdot 74 \cdot 1 \cdot 0,85}{185} = 105$	105	1
Количество, шт.	$n_k = \frac{N_{\Phi}}{N_k} = \frac{105000}{105000} = 1$	1	—
Опоки, шт.	$n_{оп} = 1,2N \frac{L_k}{60 v_k} = 1,2 \cdot 33 \frac{185}{78} = 80$	80	—
<i>Плавильное отделение</i>			
Металл на год, т/ч	$q = \frac{Q\alpha}{\Phi_0} = \frac{33160 \cdot 1,1}{4140} = 9$	10	—
Вагранка без копильника с подогревом дутья и очисткой газа, бл.	$n_B = \frac{q}{q_I} = \frac{9}{10} = 0,9$	1	0,9
<i>Формовочное отделение</i>			
Пескомет с дистанционным управлением 2А98, шт.	$n_{п} = \frac{N_{\Phi} p}{\Phi q_{п}} = \frac{105000 \cdot 1,25}{3935 \cdot 12,5} = 2,98$	3	0,95

Показатель	Формула и расчет необходимого оборудования (материала)	Принятое количество	Коэффициент загрузки
<i>Стержневое отделение</i>			
Пескодудные стержневые машины, шт.:			
810	$n_{ст} = \frac{N_{ст}}{\Phi q_{ст}}; n_{ст} = \frac{220000}{3935 \cdot 40} = 1,4$	2	0,70
28Б5	$n_{ст} = \frac{1320000}{3935 \cdot 80} = 4,15$	5	0,83
Конвейерное четырехходовое сушило СКВГ-4, шт.	$N_{к.с} = \frac{Stl}{sn\Phi L_{к\eta}} = \frac{312820 \cdot 2,88 \cdot 18}{3935 \cdot 60 \cdot 185 \cdot 0,85 \cdot 1} = 0,45$	1	0,45
<i>Смесеприготовительное отделение</i>			
Бегуны 115М, шт.	$n_б = \frac{Q_б}{\Phi q_б} = \frac{126000}{3935 \cdot 20} = 1,26$	2	0,63
Смеситель 1А12, шт.	$n_{см} = \frac{Q_{см}}{\Phi q_{см}} = \frac{14080}{3935 \cdot 2,5} = 1,45$	2	0,72
Сушило для песка СОБУ-5, шт.	$n_с = \frac{Q_с}{\Phi q_с} = \frac{560000}{3935 \cdot 9} = 1,6$	2	0,8
Шаровая мельница СМ-434, шт.	$n_{ш} = \frac{Q_{ш}}{\Phi q_{ш}} = \frac{7000}{3935 \cdot 0,7} = 2,6$	3	0,87
Мешалка вертикальная СМ-243, шт.	$n_м = \frac{Q_м}{\Phi q_м} = \frac{12600}{3935 \cdot 2} = 1,6$	2	0,80
<i>Отделение выбивки и очистки</i>			
Установка для выбивки опок ИР-12, шт.	$n_в = \frac{A}{q_в} = \frac{53}{115} = 0,46$	1	0,46
Дробетная камера Е136, шт.	$n_{д.к} = \frac{A'}{q_к} = \frac{53}{60} = 0,8$	1	0,80
Шлифовальные станки ШР-2, шт.	$n_{шл} = \frac{A}{q_{шл}} = \frac{53}{15} = 3,5$	4	0,88
Станок для гидроиспытаний, шт.	$n_г = \frac{A}{q_г} = \frac{53}{20} = 2,6$	3	0,85

Таблица 23. Расчет количества рабочих по коэффициентам механизации (К) и производительности (П) оборудования

Наименование оборудования по отделениям	Количество рабочих			Коэффициент	
	P <sub>м</sub>	P <sub>р. м</sub>	P	К	П
<i>Правильно-заливочное</i>					
Кран мостовой	2	2	4	1	1
Грохот для кокса	2	2	4	1	1
Скиповой подъемник	2	—	2	1	1,7
Весы	2	6	8	1	2
Вагранка	4	2	6	0,7	1
Металлоразливочное отделение	12	8	20	0,5	1,2
<i>Итого</i>	24	20	44		
<i>Формовочное</i>					
Пескомет	48	12	60	0,45	3,1
<i>Стержневое</i>					
Пескострельная машина типа:					
810	16	—	16	0,5	15
9128Б5	5	—	5	0,5	15
Сушило:					
конвейерное	2	5	7	0,8	12
для песка	2	5	7	0,8	12
<i>Итого</i>	25	10	35		
<i>Смесеприготовительное</i>					
Шаровая мельница	2	—	2	1	3
Глиномешалка	4	—	4	1	3
Смеситель 115М	10	—	10	1	8
Барaban для размoла стержней	3	—	3	1	4
Емкость для стержневой смеси	—	4	4	1	3
Обслуживание транспортеров	—	18	18	0,8	4
<i>Итого</i>	19	22	41		
<i>Выбивки</i>					
Установка для выбивки:					
опок	7	—	7	1	15
стержней	10	—	10	0,4	2
Охладительный конвейер	—	14	14	—	—
<i>Итого</i>	17	14	31		
<i>Очистки</i>					
Дробеметная камера	5	2	7	0,9	7,5
Станки:					
шлифовальные	10	5	15	0,15	2
для гидроиспытаний	7	1	8	0,5	5
<i>Итого</i>	22	8	30		
<i>Вспомогательные службы</i>					
Станки ремонтные	12	—	12	0,4	2
Механизмы для слесарных работ	—	10	10	—	—
<i>Итого</i>	12	10	22	—	—
<b>Всего</b>	167	96	263		

Таблица 24. Расчет уровня механизации и автоматизации участков литейного цеха

Отделение	Степень охвата рабочих механизированным трудом $C_M = \frac{P_M}{P} 100\%$	Уровень механизированного труда в общих трудовых затратах $Y_{M, T} = \frac{\sum P_{MK}}{P} 100\%$	Уровень механизации и автоматизации производственных процессов $Y_{\Pi} = \frac{\sum P_{MK\Lambda}}{\sum P_{MK\Pi} + P \left(1 - \frac{Y_{M, T}}{100}\right)} 100\%$
Плавильно-заливочное	$C_M = \frac{24}{44} 100 = 54,6$	$Y_{M, T} = (4 \cdot 1 + 4 \cdot 1 + 2 \cdot 1 + 8 \times 1 + 6 \cdot 0,7 + 20 \cdot 0,5) : 4 \cdot 100 = \frac{32,2}{44} 100 = 73$	$Y_{\Pi} = \frac{43,6 \cdot 100}{43,6 + 11,8} = 78,8$
Формовочное	$C_M = \frac{48}{60} 100 = 80$	$Y_{M, T} = \frac{48 \cdot 0,45}{60} 100 = 36,2$	$Y_{\Pi} = \frac{48 \cdot 0,45 \cdot 3,1}{66,9 + 60 \left(1 - \frac{36,2}{100}\right)} 100 = \frac{66,9 \cdot 100}{105,1} = 63$
Стержневое	$C_M = \frac{25}{35} 100 = 71,5$	$Y_{M, T} = \frac{16 \cdot 0,5 + 5 \cdot 0,5 + 14 \cdot 0,8}{35} 100 = \frac{17,5 \cdot 100}{35} = 50$	$Y_{\Pi} = \frac{21 \cdot 0,5 \cdot 1 \cdot 15 + 14 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 12}{291 + 35 \left(1 - \frac{50}{100}\right)} 100 = \frac{291 \cdot 100}{308} = 94$

Смесприготови-  
тельное

$$C_M = \frac{19}{41} 100 = 46,3$$

$$Y_{M, T} = \frac{25 \cdot 1 + 18 \cdot 0,8}{41} 100 = 91$$

$$Y_{\Pi} = (10 \cdot 1 \cdot 3 + 10 \cdot 8 \cdot 1 + 18 \cdot 0,8 \times \\ \times 4 + 3 \cdot 4 \cdot 1) : (179 + 41) \times \\ \times \left(1 - \frac{9}{100}\right) \times 100 = \frac{179 \cdot 100}{18} = 90$$

Выбивка

$$C_M = \frac{17}{31} 100 = 55$$

$$Y_{M, T} = \frac{7 \cdot 1 + 10 \cdot 0,4}{31} 100 = 35,6$$

$$Y_{\Pi} = \frac{7 \cdot 15 \cdot 1 + 10 \cdot 2}{125 + 31 \left(1 - \frac{63}{100}\right)} 100 = \\ = \frac{125}{136} 100 = 91$$

Очистка

$$C_M = \frac{22}{30} 100 = 73$$

$$Y_{M, T} = \frac{7 \cdot 0,9 + 15 \cdot 0,15 + 8 \cdot 0,5}{30} 100 = \\ = 39,3$$

$$Y_{\Pi} = \frac{7 \cdot 7,5 + 15 \cdot 2 + 8 \cdot 5}{122,5 + 30 \left(1 - \frac{39}{100}\right)} 100 = \\ = \frac{122,5 \cdot 100}{134} = 91$$

Вспомогательные  
службы

$$C_M = \frac{12}{22} 100 = 54$$

$$Y_{M, T} = \frac{12 \cdot 0,4 \cdot 100}{22} = 21,8$$

$$Y_{\Pi} = \frac{12 \cdot 0,4 \cdot 2 \cdot 100}{9,6 + 12 \left(1 - \frac{21,8}{100}\right)} = \\ = \frac{9,6}{19,2} 100 = 50$$

Чтобы определить уровень механизации и автоматизации отдельных участков, необходимо выбрать коэффициенты механизации (К) и производительности (П), которые учитывают количество рабочих на каждой машине участка. Затем исходя из норм устанавливается общее число рабочих Р, а также обслуживающих машины и ручные механизмы  $P_{м.р.}$  (табл. 23). По полученным данным рассчитывается уровень механизации и автоматизации любого отделения литейного цеха (табл. 24).

### **Содержание отчета**

Привести сведенные в таблицы расчеты подобранного оборудования для отделений литейного цеха массового производства, определить степень механизации и автоматизации по всем отделениям, составить эскизную планировку цеха.

### **Контрольные вопросы**

1. В чем состоит рекомендуемый метод расчета программы цехов массового производства?
2. Как разрабатывается баланс металла и определяется его назначение?
3. Сформулируйте принцип расчета основных отделений цеха (формовочного, стержневого и т. д.).
4. Как определяется степень механизации и автоматизации отдельных участков цеха?
5. Какие параметры должны учитываться при расчете литейного конвейера?
6. Назовите оптимальные показатели коэффициента загрузки оборудования в литейном цехе.
7. По какой формуле рассчитывается количество пескометов?
8. Установите технико-экономические показатели цеха.

### **РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА**

Богданов Б. Н. и др. Проектирование комплексно-механизированных и автоматизированных чугунолитейных цехов. М.—Л., Машиностроение, 1964. 323 с.

Рыбальченко Н. А. Проектирование литейных цехов. Харьков, Изд-во Харьк. ун-та, 1965. 307 с.

Проектирование машиностроительных заводов и цехов. Т. 2/Под ред. В. М. Шестопала. М., Машиностроение, 1974. 295 с.

# Лабораторные работы

## АНАЛИЗ РАБОТЫ ОБОРУДОВАНИЯ ЛИТЕЙНОГО ЦЕХА

### Лабораторная работа 1

#### ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТЕПЕНИ УПЛОТНЕНИЯ ФОРМОВОЧНОЙ СМЕСИ ПРИ ВСТРЯХИВАНИИ С ДОПРЕССОВКОЙ

##### Общие сведения

Во время встряхивания смесь в опоке уплотняется под действием сил инерции при ударе стола. Определяющими параметрами для качества формы являются высота подъема стола и количество ударов. Поэтому для каждого конкретного случая подбирается такой режим, чтобы плотность смеси в опоке достигла заданного значения.

При изготовлении форм на встряхивающих машинах максимальная плотность смеси наблюдается в нижней части опоки, а верхние слои требуют дополнительного уплотнения подпрессовкой формы во время встряхивания (рис. 41) или после него (рис. 42).

Цель работы — установить зависимость между степенью уплотнения формовочной смеси в опоке и числом ударов (временем встряхивания), определить характер распределения плотности смеси по высоте опоки при «чистом» встряхивании с допрессовкой.

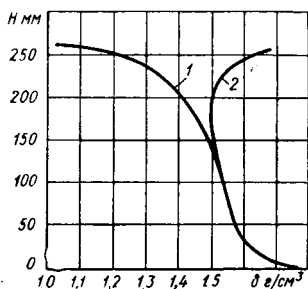


Рис. 41. Распределение плотности смеси в опоке при встряхивании с динамической подпрессовкой:

1 — без груза; 2 — с грузом

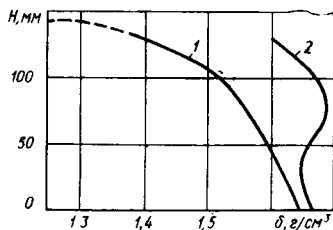


Рис. 42. Распределение степени уплотнения смеси по высоте опоки при встряхивании (кривая 1) и последующей подпрессовке (кривая 2)

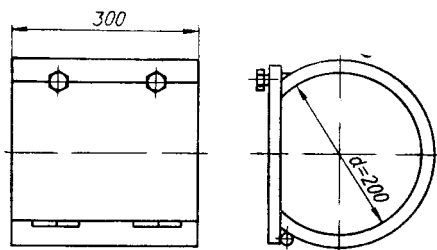


Рис. 43. Схема лабораторной опоки в сборе

Оборудование и инструмент: встряхивающая формовочная машина с допрессовкой, специальная опока с отъемной стенкой, твердомер, мерная линейка, гаечные ключи, наполнительная рамка, секундомер.

### Порядок выполнения работы

Вначале определяем высоту наполнительной рамки  $h$ . Она вычисляется без учета величины  $V_m/F_0$  (так как модель в опоке отсутствует) по формуле

$$h = H \left( \frac{\delta}{\delta_0} - 1 \right),$$

где  $H$  — высота опоки, см;

$\delta_0, \delta$  — плотность смеси до и после уплотнения, г/см<sup>3</sup>.

Затем вся работа разбивается на три этапа.

1. *Установление зависимости между степенью уплотнения и числом ударов* (временем уплотнения). На стол встряхивающей формовочной машины ставим собранную опоку (рис. 43) с наполнительной рамкой, заполняем ее формовочной смесью и включаем механизм встряхивания. Одновременно с подачей воздуха в машину запускаем секундомер. Через определенные промежутки времени (10, 20, 30, 40 с) машину останавливаем, поворачиваем опоку на 90° и измеряем не менее трех раз плотность нижних слоев смеси. Результаты заносим в табл. 25 и по этим данным строим график.

Таблица 25. Влияние количества ударов на степень уплотнения смеси.

Время встряхивания, с	Показания твердомера, ед.	$\delta$ , г/см <sup>3</sup>
10		
20		
30		
40		



2. *Определение характера распределения уплотнения смеси по высоте опоки.* Собранную опоку с наполнительной рамкой заполняем формовочной смесью и включаем встряхивающий механизм на 30 с. После этого снимаем отъемную стенку в опоке и замеряем твердомером плотность смеси через каждые 30 мм. Результаты измерений заносим в табл. 26.

Таблица 26. Степень уплотнения смеси при «чистом» встряхивании

Высота расположения точки замера в опоке, мм	Показания твердомера, ед.	$\delta$ , г/см <sup>3</sup>
30		
60		
90		
180		

3. *Изменение плотности смеси по высоте опоки при встряхивании с допрессовкой.* Работа выполняется в том же порядке, что и на втором этапе, только длительность встряхивания составляет 15 с и после этого производится допрессовка. Затем снимаем отъемную часть опоки и твердомером замеряем плотность смеси по высоте через каждые 30 мм.

Опыт повторяем с новой порцией формовочной смеси, увеличив время встряхивания до 30 с. Результаты измерений заносим в табл. 27 и по этим данным строим график.

Таблица 27. Степень уплотнения смеси при встряхивании с допрессовкой

Высота расположения точки замера в опоке, мм	Показания твердомера, ед.	$\delta$ , г/см <sup>3</sup>
30		
60		
90		
180		

## **Содержание отчета**

Описать применяемое оборудование и приборы, изложить порядок выполнения работы, сравнить полученные данные с теоретическими или приведенными в литературе и сделать выводы об использовании результатов для практических целей. Приложить таблицы с измерениями, расчеты и построенные графики.

### **Контрольные вопросы**

1. С какой целью применяют допрессовку смеси?
2. Почему один удар при встряхивании не обеспечивает требуемой величины уплотнения?
3. Что понимается под плотностью смеси?
4. Как изменяется плотность смеси при «чистом» встряхивании и встряхивании с допрессовкой?
5. На каком принципе работает твердомер?
6. Почему максимальная плотность при встряхивании наблюдается у подмодельной плиты?

### **РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА**

Аксенов П. Н. Оборудование литейных цехов. М., Машиностроение, 1977. 509 с.

Зайгеров И. В. Машины и автоматизация литейного производства. Минск, Высшая школа, 1969, 494 с.

## **Лабораторная работа 2**

### **УСТАНОВЛЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ МЕЖДУ ПЛОТНОСТЬЮ ФОРМОВОЧНОЙ СМЕСИ И ВЫСОТОЙ ОПОКИ ПРИ ПРЕССОВАНИИ**

#### **Общие сведения**

Уплотнение формовочной смеси прессованием используется при изготовлении мелких и средних форм. Для крупных форм этот метод не нашел применения, так как резко увеличиваются габариты формовочных машин и их работа становится менее экономичной, чем при встряхивании, пескометной набивке и др.

Процесс уплотнения происходит в условиях внутреннего и внешнего трения смеси. Силы трения зависят от размеров формы, конфигурации модели, скорости и времени действия уплотняющего усилия, текучести смеси, коэффициента трения ее о стенки опоки, модели и пр.

Различают верхнее и нижнее прессование. Распределение плотности смеси по высоте опоки при первом способе показано на рис. 44.

Зависимость средней плотности  $\delta_{\text{ср}}$  (г/см<sup>3</sup>) от удельного давления прессования  $p$  имеет вид  $\delta_{\text{ср}} = 1 + cp$  ( $c = 0,4-0,6$  — коэффициент уплотняемости смеси).

Цель работы — установить зависимость между степенью уплотнения формовочной смеси при верхнем прессовании и высотой опоки.

Оборудование и инструмент: формовочная машина, специальная опока с отъемной стенкой, формовочная смесь, твердомер, мерная линейка.

### Порядок выполнения работы

Вначале определяем высоту наполнительной рамки (см. лабораторную работу 1). Затем на стол формовочной машины помещаем собранную опоку, засыпаем в нее формовочную смесь, устанавливаем прессовую колодку и включаем прессовый механизм на 1 мин. После окончания цикла отводим колодку и снимаем боковую стенку опоки. Линейкой размечаем места замера (через каждые 30 мм) и с помощью твердомера определяем плотность по высоте опоки. Результаты измерений заносим в табл. 28 и строим график.

Таблица 28. Степень уплотнения смеси в опоке при прессовании

Высота расположения точки замера в опоке, мм	Показания твердомера, ед.	$\delta$ , г/см <sup>3</sup>
30		
60		
90		
120		
150		
180		

Для перевода показаний твердомера в единицы плотности следует воспользоваться графиком, показанным на рис. 45.

### Содержание отчета

Дать краткое описание работы, проанализировать зависимость между высотой опоки и степенью уплотнения, сравнить полученные данные с теоретическими или приве-

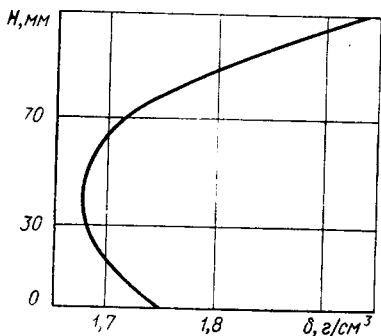


Рис. 44. Изменение плотности смеси по высоте опоки при верхнем прессовании

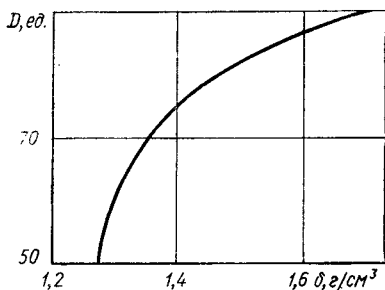


Рис. 45. Зависимость между плотностью смеси и ее твердостью по твердомеру

Зайгеров И. Б. Машины и автоматизация литейного производства. Минск, «Высшая школа», 1969. 494 с.

денными в литературе, сделать выводы об использовании результатов для практических целей. Таблицы с измерениями, расчеты и графики приложить.

### Контрольные вопросы

1. В чем преимущества и недостатки прессовых формовочных машин?
2. Какая связь между плотностью и удельным давлением?
3. Расскажите о назначении дополнительной рамки и как определяется ее высота.
4. Каковы способы замера плотности?

### РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Аксенов П. Н. Оборудование литейных цехов. М., Машиностроение, 1977. 509 с.

## Лабораторная работа 3

### ХАРАКТЕР ИЗМЕНЕНИЯ ПЛОТНОСТИ СМЕСИ В ОПОКЕ ПРИ ВИБРОПРЕССОВАНИИ

#### Общие сведения

При воздействии на формовочную смесь вибрации происходит непрерывное взаимоперемещение ее частиц, что создает благоприятные условия для уплотнения. Однако вибрация не обеспечивает необходимой величины уплотнения, поэтому наряду с вибрацией применяют прессование.

Цель работы — установить зависимость между степенью уплотнения смеси в форме и временем вибрации. Определить характер изменения плотности смеси по высоте опоки при вибрации и вибропрессовании.

Оборудование и инструмент: вибропрессовая формовочная машина М226, опоки с отъемной стенкой и с наполнительной рамкой, формовочная смесь, твердомер, линейка, секундомер.

### Порядок выполнения работы

1. На стол вибрационной формовочной машины устанавливаем собранную опоку, засыпаем ее формовочной смесью и включаем на 30 с механизм вибрации. Затем поворачиваем опоку на  $90^\circ$  и на плоскости формы, прилегающей к подмодельной плите, замеряем твердомером плотность в трех точках: у стенки опоки, на половине радиуса и в центре. Вновь ставим опоку в рабочее положение и включаем вибрационный механизм на 60 с, после чего повторяем замеры. Опыт проделываем не менее шести раз через каждые 30 с. Результаты измерений заносим в табл. 29.

Таблица 29. Степень уплотнения смеси при различном времени вибрации

Время вибрации, с	Показания твердомера, ед.	$\delta$ , г/см <sup>3</sup>
30		
60		
90		
180		

2. Собранную опоку засыпаем формовочной смесью и после 30 с вибрации снимаем отъемную стенку для измерения плотности через каждые 30 мм высоты опоки. Опыт продолжаем до указанного в рабочей инструкции времени. Данные замеров записываем в табл. 30.

3. Формовочную смесь удаляем из опоки, просеиваем, вновь засыпаем в собранную опоку и подводим под прессовую колодку. Включаем вибропрессовый механизм машины на 10 с. Затем отводим колодку в сторону, раскрываем

Таблица 30. Степень уплотнения смеси при вибрации

Высота расположения точки замера в опоке, мм	Показание твердомера, ед.	$\delta$ , г/см <sup>3</sup>			
		$\tau_1=30$ с	$\tau_2=60$ с	$\tau_3=90$ с	...
30					
60					
180					

опоку и замеряем плотность по высоте (через каждые 30 мм). В такой последовательности работу повторяем при  $\tau = 20, 30, 40, 50, 60$  с. Полученные результаты измерений заносим в табл. 31.

Таблица 31. Степень уплотнения смеси при вибропрессовании

Высота расположения точки замера в опоке, мм	Показания твердомера, ед.	$\delta$ , г/см <sup>3</sup>				
		$\tau_1=10$ с	$\tau_2=20$ с	$\tau_3=30$ с	...	$\tau_6=60$ с
30						
60						
180						

### Содержание отчета

Дать краткое описание работы, обосновать параметры, влияющие на плотность смеси, сравнить полученные данные с теоретическими или приведенными в литературе, сделать выводы об их использовании на практике. Результаты наблюдений оформить в виде таблиц и графиков.

### Контрольные вопросы

1. Каким образом изменяется плотность по высоте опоки при вибрации и вибропрессовании?
2. Почему вибрация способствует уплотнению смеси при прессовании?
3. Как влияет на плотность смеси продолжительность работы вибромеханизма?

## РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Аксенов П. Н. Оборудование литейных цехов. М., Машиностроение, 1977. 509 с.

Зайгеров И. Б. Машины и автоматизация литейного производства. Минск, Высшая школа, 1969. 494 с.

## Лабораторная работа 4

### АНАЛИЗ РАБОТЫ ЩЕКОВОЙ ДРОБИЛКИ

#### Общие сведения

Щековые дробилки широко используются для грубого измельчения твердых и средней твердости материалов литейного производства (известняка, шлака и др.). По характеру движения щеки они делятся на дробилки: а) с простым качением; б) со сложным качением; в) с осью качения щеки у выпускного отверстия. Техническая характеристика первых двух приведена в табл. 32.

Максимальный размер кусков, выходящих из дробилки, зависит от размеров выпускного отверстия и хода щеки. Процесс дробления происходит только при вращении эксцентрикового вала на пол-оборота; в следующие пол-оборота подвижная щека отходит для разгрузки материала.

Щековая дробилка с простым качением щеки (рис. 46) состоит из станины 8, на которой устанавливается неподвижная ребристая плита 1. Подвижная плита 2 закреплена на щеке 18, шарнирно присоединенной к валу 3. Эксцентриковый вал 4 с шатуном 6 передает движение на подвижную щеку через шарниры 14. Вал вращается от махо-

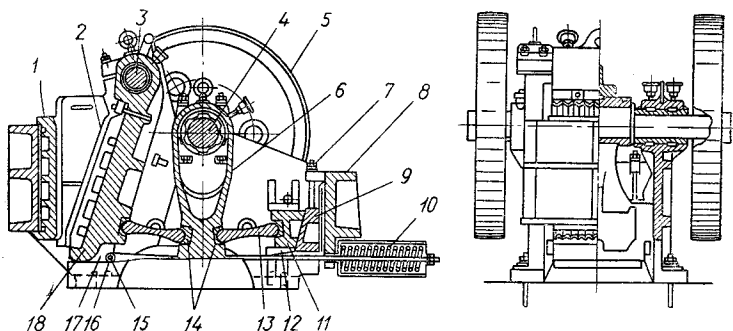


Рис. 46. Общий вид щековой дробилки

Таблица 32. Техническая характеристика щековых дробилок со сложным движением щеки  
(ГОСТ 7084—71)

Типоразмеры дробилок	Размеры загрузочного отверстия, мм		Ширина выходной щеки, мм		Производительность дробления материала с пределом прочности 2500 кгс/см <sup>2</sup>		Число оборотов вала в минуту	Мощность, кВт	Габаритные размеры, мм			Масса, т
	Ширина	Длина	Наименьшая	Наибольшая	при наименьшей щеке, м <sup>3</sup> /2	при наибольшей щеке, м <sup>3</sup> /4			Длина	Ширина	Высота	
							Тип А					
ЩС 16×25	160	250	13	45	1	4	330	10	950	950	1100	1,25
ЩС 25×40	250	400	20	80	3,5	12	275	22	1400	1300	1450	2,6
ЩС 40×60	400	600	40	100	8,5	22	250	30	1650	1750	1550	6
ЩС 60×90	600	900	75	200	35	120	250	80	2250	2300	2450	16
ЩС 90×130	900	1300	100	250	200	300	250	160	3550	3300	3600	50
ЩС 130×200	1300	2000	150	300	400	600	200	250	5700	4900	5300	150
							Тип Б					
ЩС 16×90	160	900	12	40	2,5	8	350	20	1200	1800	1200	4
ЩС 25×90	250	900	20	80	6	25	275	28	1400	2100	1500	6
ЩС 40×90	400	900	40	100	14	35	250	55	2000	2300	2000	10



вика 5. Ширина выпускной щели регулируется специальным устройством. Оно состоит из клина 9, который может перемещаться вверх и вниз при помощи болта 7, и клина 11,двигающегося по направляющим 12. Чтобы распорные плиты 13 не выпали при опускании шатуна, предусмотрена тяга 16, соединенная осью 15 с приливом подвижной щеки 17. С противоположной стороны тяги находится пружина 10, поэтому подвижная щека все время прижата к распорным плитам.

Цель работы — ознакомление с устройством, принципом работы и назначением щековой дробилки, установление зависимости между заданными и полученными размерами кусков материала (кратность дробления).

Оборудование и инструмент: щековая дробилка, набор сит с отверстием 80 и 10 мм, кусковой известняк или другой материал, слесарные инструменты.

### **Порядок выполнения работы**

Проверив исправность дробилки, регулируем щель выходного зева на 10 мм. Взвешиваем 2 кг просеянного материала с диаметром кусков 15—80 мм, засыпаем его в зев дробилки и запускаем привод. После измельчения материал рассеиваем на ситах.

На основании полученных данных строим гистограмму и определяем кратность дробления.

### **Содержание отчета**

Дать краткое описание установки и порядка выполнения работы, построить гистограмму рассева, вычислить кратность дробления данного материала и сделать соответствующие выводы.

### **Контрольные вопросы**

1. Какие конструкции щековых дробилок применяются в литейных цехах?
2. Что такое кратность дробления?
3. Перечислите факторы, влияющие на производительность дробилки?
4. Где выше степень измельчения материала: в дробилке или мельнице?

## РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Аксенов П. Н. Оборудование литейных цехов. М., Машиностроение, 1977. 509 с.

### Лабораторная работа 5

#### АНАЛИЗ РАБОТЫ ВАЛКОВОЙ ДРОБИЛКИ

##### Общие сведения

Валковая дробилка представляет собой устройство, состоящее из двух цилиндрических валков, расположенных в горизонтальной плоскости и вращающихся в противоположных направлениях. Для измельчения сухих и влажных материалов применяют гладкие валки. Зазор между ними регулируется натяжными болтами. Материал загружается в дробилку укрепленным на съемной крышке дозатором, после измельчения просыпается в нижнюю часть и по наклонной плоскости попадает в специальную емкость.

Цель работы — ознакомление с конструкцией и принципом работы валковой дробилки, ее характеристикой и основными параметрами, а также установление зависимости между фракционным составом измельчаемого материала и параметрами дробилки.

Оборудование и инструмент: валковая дробилка, весы лабораторные с разновесами, установка для рассева материала, стандартный набор сит, тахометр, набор слесарных инструментов, штангенциркуль, линейка, кронциркуль, сметка (щетка). В качестве дробильного материала можно использовать известняк, гранулированный шлак, кокс и другие материалы с максимальным размером куска 15—20 мм.

##### Порядок выполнения работы

1. Замерить диаметр  $D_v$  и длину валка  $L$ , диаметр шкивов на моторе  $d_m$  и валках.
2. Составить эскиз установки.
3. Найти значения плотности коэффициента трения, предела прочности и модуля упругости измельченного материала (по литературным источникам).
4. Определить диаметр кусков материала после дробления  $d$  (мм) из выражения

$$d = \left( \frac{1}{18} - \frac{1}{25} \right) D_v.$$

5. Установить согласно схеме, показанной на рис. 25, соотношение между диаметрами валков  $D_B$  и максимальным диаметром кусков материала  $D_K$ , поступающих в дробилку:

$$\frac{D_B}{D_K} = \frac{\cos \alpha - \frac{1}{k}}{1 - \cos \alpha},$$

где  $\alpha$  — угол захвата материала;

$k$  — кратность дробления или коэффициент измельчения ( $k = D_K/d$ ).

Обычно для гладких валков коэффициент  $k = 3-5$  (например, для угля  $k = 4$  и угол захвата  $\alpha = 6^\circ$ ).

6. Замерить тахометром число оборотов вала привода  $n_n$  и вычислить число оборотов валков  $n_B$  из уравнения

$$n_B = 308 \sqrt{\frac{f}{\gamma r R}}.$$

Здесь  $f$  — коэффициент трения материала о поверхность валка ( $f = 0,3-0,4$ );

$\gamma$  — плотность материала, т/м<sup>3</sup>: известняка 2700, каменного угля 1200—1500, шамота 1800—2200, шпата 2500—2700;

$r$  — радиус кусков загружаемого материала, мм;

$R$  — радиус валков, м.

7. Определить производительность дробилки  $Q$  (т/ч) при условии, что измельчаемый материал будет выходить в виде непрерывной ленты. В этом случае

$$Q = 3600 (e + S) L v \mu \gamma,$$

где  $e$  — зазор между валками, м;

$S$  — отход подвижного валка ( $S = 2-4$  мм);

$L$  — длина валка, м;

$v$  — окружная скорость валка ( $v = 2-3$  м/с);

$\mu$  — коэффициент разрыхления материала ( $\mu = 0,2-0,5$ );

$\gamma$  — плотность материала, т/м<sup>3</sup>.

Величину  $v$  можно рассчитать по формуле

$$v = \frac{\pi D_B n_B}{60}.$$

Здесь  $D_B$  — диаметр валка, м;

$n_B$  — число оборотов валка, об/мин.

8. Установить мощность привода дробилки с гладкими валками из выражения

$$N = \frac{LRn}{142800} \left[ \frac{\sigma^2 (r^2 - e_1^2)}{Er} + \frac{R^2}{740} \right],$$

где  $\sigma$  — предел прочности материала, кг/см<sup>2</sup>;

$e_1$  — половина зазора между валками, см;

$E$  — модуль упругости материала, кг/см<sup>2</sup>.

9. Составить техническую характеристику установки.

При выполнении работы исходный материал (кокс, шмот, уголь и др.) подбирают с кусковатостью в пределах кратности дробления. Для этого материал просеивают поочередно через плоские сита с размером ячейки, равным минимальному и затем максимальному размеру подлежащих измельчению кусков. Устанавливают зазор между валками (4 мм), и в зев дробилки засыпают 1 кг материала. Полученный продукт рассеивают на наборе сит, а остаток взвешивают. Результаты измерений заносят в табл. 33.

Т а б л и ц а 33. Распределение материала на ситах

Номер сита	Остаток материала на сите при зазоре			
	4 мм		2 мм	
	г	%	г	%

Опыт повторяют при другой величине зазора (2 мм). Сравнивая полученные данные при различных зазорах между валками, можно установить распределение материала по зернистости.

### Содержание отчета

Дать краткое описание работы, составить техническую характеристику дробилки, сделать выводы, обратив при этом внимание на характер полученных при испытаниях зависимостей, совпадение экспериментальных данных с теоретическими или приведенными в литературе, возможность использования результатов для практических целей. Приложить гистограммы.

### Контрольные вопросы

1. Что такое кратность дробления?
2. Какая разница между дробилкой и мельницей?
3. Чему равен угол захвата валковой дробилки?

4. Как влияет на производительность зазор между валками?

5. Какой конструкции бывают дробилки?

## РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Аксенов П. Н. Оборудование литейных цехов. М., Машиностроение, 1977. 509 с.

## Лабораторная работа 6

### АНАЛИЗ РАБОТЫ ШАРОВОЙ МЕЛЬНИЦЫ

#### Общие сведения

После дробления используемые в литейном производстве материалы подвергаются согласно требованиям технологии тонкому измельчению до определенного зернового состава. Глина, которая применяется в качестве связующего материала при приготовлении формовочных и стержневых смесей, должна иметь оптимальную тонкость помола, обеспечивающую хорошее обволакивание зерен песка и однородность массы.

Производительность мельницы зависит от физических свойств и крупности кусков размалываемого материала, количества загружаемых мелющих тел и необходимой тонкости помола.

Цель работы — изучение зависимости между фракционным (зерновым) составом материала и выбранным режимом работы мельницы при определенном периоде измельчения.

Оборудование, инструмент и материал: шаровая мельница лабораторного типа, шары стальные диаметром 17 и 12 мм, набор сит с установкой для отсева материала, плоские сита с ячейкой 16 и 3 мм, тахометр, известняк или гранулированный шлак с размером кусков 4—15 мм.

#### Порядок выполнения работы

Для определения фракционного состава измельчаемого материала при различных режимах работы шаровой мельницы отвешивают две навески по 1 кг. Затем настраивают мельницу по числу оборотов и шаровой нагрузке на режим максимальной абсолютной производительности: диаметр шаров  $d_{ш} = 17$  мм, передаточное отношение привода  $i_{пр} =$

= 20,1, число оборотов мотора  $n_m = 1410$  об/мин (проверяется тахометром).

Для мельницы число оборотов определяется по формуле

$$n = \frac{n_m}{i_{пр}}$$

При режиме максимальной экономичности принимают  $d_{ш} = 12$  мм,  $i_{пр} = 18,5$ .

Одну навеску материала, подлежащего дроблению, и расчетную шаровую нагрузку засыпают в мельницу. Горловину мельницы закрывают крышкой и на 20 мин включают привод. Затем материал выгружают и рассеивают. Продукт, оставшийся на каждом сите, взвешивают, и результаты заносят в табл. 34.

Таблица 34. Результат измельчения материала

Номер сита	Масса материала на сите, г (или %) при режиме	
	максимальной абсолютной производительности	максимальной экономичности

Очистив внутреннюю поверхность мельницы, загружают вторую навеску (1 кг) материала, устанавливают мельницу в рабочее положение и настраивают ее на второй режим работы. После этого включают привод, и мельница вращается 20 мин. Измельченный материал рассеивают, а остатки продукта на каждом сите взвешивают. Полученные данные заносят также в табл. 34 и строят графики.

### Содержание отчета

Указать цель работы, представив схему установки, и дать ее краткое описание. По данным рассева материала построить гистограммы и сделать выводы.

### Контрольные вопросы

1. Чем отличается степень измельчения при разных режимах?
2. Как настроить мельницу на соответствующий режим?
3. Как определяется кратность дробления?
4. Чем отличается измельчение материалов при дроблении от тонкого измельчения?

## РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Аксенов П. Н. Оборудование литейных цехов. М., Машиностроение, 1977. 509 с.

### Лабораторная работа 7

#### УСТАНОВЛЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ МЕЖДУ ВРЕМЕНЕМ ПЕРЕМЕШИВАНИЯ СОСТАВЛЯЮЩИХ СМЕСИ И ЕЕ СВОЙСТВАМИ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ЗАЗОРАХ МЕЖДУ ДНИЩЕМ ЧАШИ И ОБОДОМ КАТКА СМЕСИТЕЛЯ

##### Общие сведения

Высокое качество смеси в смесителях достигается только в том случае, когда материалы в чаше тщательно перемешиваются и перетираются плужками и катками. Продолжительность приготовления одного замеса определяется необходимыми свойствами формовочной смеси и качеством ее составляющих, поэтому для единой смеси она составляет 3—6 мин, облицовочной — 6—12 и стержневой — 8—15 мин. После выгрузки из смесителя смесь желательно выдержать в течение 15—20 мин для улучшения ее физико-механических свойств.

Цель работы — установить изменение сырой прочности и газопроницаемости в зависимости от изменения зазора между днищем чаши и поверхностью ободов катков при различном цикле перемешивания.

Оборудование и инструмент: смеситель модели 1A11 или 1A12, дозаторы, компоненты формовочной смеси (песок, молотая глина или глинистая суспензия, жидкое стекло и др.), набор слесарных инструментов, линейка, приборы для определения сырой прочности и газопроницаемости, твердомер.

##### Порядок выполнения работы

Взаимосвязь между временем перемешивания исходных материалов и их физико-механическими свойствами определяют следующим образом. Между днищем чаши и ободом катка устанавливают зазор 10 мм. В смеситель загружают дозу исходных материалов и включают привод. Через каждые 15 мин работы смесителя отбирают шесть проб смеси

на сырую прочность и газопроницаемость. Затем между днищем чаши и ободом катка устанавливают зазор 20 мм, и цикл повторяют.

Результаты измерений заносят в табл. 35. По полученным данным строят графики.

Таблица 35. Зависимость свойств формовочной смеси от времени перемешивания

Время перемешивания смеси, мм	Сырая прочность, кгс/см <sup>2</sup>		Газопроницаемость, см <sup>4</sup> (г·с)	
	Зазор между чашей и ободом катка			
	10 мм	20 мм	10 мм	20 мм
5				
10				
15				
30				

### Содержание отчета

Изложить кратко содержание работы, построить графические зависимости, сопоставить данные с приведенными в литературе или лекциях, сделать выводы.

### Контрольные вопросы

1. Объясните связь между временем перемешивания смеси и сырой прочностью (а также газопроницаемостью).
2. Какое влияние оказывает величина зазора между катком и чашей на свойства смеси?
3. Как регулируется зазор между ободом катка и днищем чаши?
4. Для каких целей устанавливается зазор между катками и днищем смесителей?

### РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Аксенов П. Н. Оборудование литейных цехов. М., Машгиз, 1977. 509 с.

Левинсон Л. Б., Прейгерзон Г. Н. Дробление и грохочение полезных ископаемых. М., Гостехиздат, 1970. 320 с.

Василевский П. А., Технология и оборудование шамотного производства. М., Металлургиздат, 1956. 385 с.



## Лабораторная работа 8

### ОЧИСТКА ПОВЕРХНОСТИ ОТЛИВОК ОТ ПРИГАРА ТРЕНИЕМ

#### Общие сведения

Операции по очистке поверхности отливок являются наиболее трудоемкими и составляют 30—40% общей трудоемкости изготовления литых заготовок. Однако за счет улучшения технологического процесса формообразования (например, литье под давлением, в кокиль) их можно свести до минимума. При изготовлении отливок в песчано-глинистые формы эти операции заключаются в очистке внешней и внутренней поверхностей от пригара, остатков стержневой смеси, остатков литников и заусенцев.

Качество литой поверхности определяется степенью ее шероховатости, т. е. наличием пригара и местных дефектов. Величина неровностей характеризуется классом чистоты. Применяемая в литейном производстве очистка трением осуществляется в галтовочных барабанах и виброустановках, что также способствует частичному удалению с отливок заливок и заусенцев. Дробеструйными, дробеметными и водоструйными установками снимают пригар и остатки стержневой смеси. В последнее время получили широкое распространение электрохимический и электрогидравлический способы, которые позволяют автоматизировать процесс очистки.

Цель работы — установить зависимость между степенью очистки поверхности литой заготовки и временем.

Оборудование и инструмент: галтовочный барабан, наборы гаечных ключей, литых заготовок и весы.

#### Порядок выполнения работы

В галтовочный барабан загружают заранее отлитые заготовки из чугуна или стали (диаметр 15—20 мм, длина 150—200 мм, масса 30 кг). Вначале загружается навеска в 5 кг, включается привод установки и после 10 мин работы вынимаются заготовки, взвешиваются, затем снова загружаются на 20 мин работы. После взвешивания эти заготовки вновь загружают на 30 мин очистки. Таким образом осуществляется очистка заготовок массой 10 и 15 кг. Полученные данные заносят в табл. 36 и строят графики,

по которым определяют степень очистки поверхности заготовок. Возможно применение любых размеров заготовок.

Т а б л и ц а 36. Данные очистки литых заготовок

Время очистки отливок, мин	Масса загружаемых заготовок, кг					
	5		10		15	
	Результат очистки					
	масса, кг	% потерь	масса, кг	% потерь	масса, кг	% потерь
10						
20						
30						

### Содержание отчета

Перечислить существующие способы очистки отливок, их преимущества и недостатки, описать используемую установку, кратко изложить порядок выполнения работы. Приложить таблицы и построенные графики.

### Контрольные вопросы

1. Для чего предусматривается очистка поверхности литых заготовок?
2. Какие известны способы очистки, их преимущества и недостатки?
3. Укажите факторы, влияющие на величину пригара?
4. Возможно ли устранить операцию очистки? Если да, то какими путями?

### РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

- Аксенов П. Н., Оборудование литейных цехов. М., Машиностроение, 1977. 509 с.  
Фомченко С. И. и др. Очистка отливок, Л., Машиностроение, 1969. 262 с.

## ПРИЛОЖЕНИЕ

### СООТНОШЕНИЕ ЕДИНИЦ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН ПРЕЖНИХ СИСТЕМ С ЕДИНИЦАМИ СИ

Величина	Обозначение единицы в системах		Соотношение с единицей СИ
	прежних	СИ	
Плоский угол	град	рад	$1^\circ = 0,0174533 \text{ рад}$
Частота вращения	об/мин	об/с	$1 \text{ об/мин} = 1/60 \text{ об/с}^{-1}$
Площадь	см <sup>2</sup>	м <sup>2</sup>	$1 \text{ см}^2 = 10^{-4} \text{ м}^2$
Объем (вместимость)	см <sup>3</sup>	м <sup>3</sup>	$1 \text{ см}^3 = 10^{-6} \text{ м}^3$
	л	м <sup>3</sup>	$1 \text{ л} = 1,000028 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$
Плотность, объемная масса	г/см <sup>3</sup>	кг/м <sup>3</sup>	$1 \text{ г/см}^3 = 10^{-3} \text{ кг/м}^3$
	кгс·с <sup>2</sup> /м <sup>4</sup>	кг/м <sup>3</sup>	$1 \text{ кгс} \cdot \text{с}^2 / \text{м}^4 = 9,80665 \text{ кг/м}^3 \cong 10 \text{ кг/м}^3$
Сила (механическая), вес	кгс	Н	$1 \text{ кгс} = 9,80665 \text{ Н} = 10 \text{ Н}$
Момент силы, пара сил, статический момент	кгс·м	Н·м	$1 \text{ кгс} \cdot \text{м} = 9,80665 \text{ Н} \cdot \text{м} \cong \cong 10 \text{ Н} \cdot \text{м}$
	кгс·см	Н·м	$1 \text{ кгс} \cdot \text{см} = 9,80665 \cdot 10^{-2} \text{ Н} \cdot \text{м}$
Жесткость упругой системы, погонная нагрузка	кгс/см	Н/м	$1 \text{ кгс/см} = 980,655 \text{ Н/м} \cong 10 \text{ Н/м}$
	кгс·м·с <sup>2</sup>	кг·м <sup>2</sup>	$1 \text{ кгс} \cdot \text{м} \cdot \text{с}^2 = 9,80665 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$
Момент инерции динамический	кгс·см·с <sup>2</sup>	кг·м <sup>2</sup>	$1 \text{ кгс} \cdot \text{см} \cdot \text{с}^2 = 9,80665 \cdot 10^{-2} \text{ кг} \cdot \text{м}^2$
	см <sup>4</sup>	м <sup>4</sup>	$1 \text{ см}^4 = 10^{-8} \text{ м}^4$
Момент инерции плоской фигуры (осевой или полярной)	см <sup>4</sup>	м <sup>4</sup>	$1 \text{ см}^4 = 10^{-8} \text{ м}^4$
Момент сопротивления плоской фигуры	см <sup>3</sup>	м <sup>3</sup>	$1 \text{ см}^3 = 10^{-6} \text{ м}^3$
Работа, энергия	кгс·м	Дж·Н·м	$1 \text{ кгс} \cdot \text{м} = 9,80665 \text{ Дж} \cong \cong 10 \text{ Дж}$
Мощность	кВт	Вт·Дж·с	$1 \text{ кВт} = 10^3 \text{ Вт}$

## Продолжение прил.

Величина	Обозначение единицы в системах		Соотношение с единицей СИ
	прежних	СИ	
Напряжение (механическое), давление, модуль упругости, модуль сдвига	кгс/см <sup>2</sup>	Н/м <sup>2</sup>	1 кгс/см <sup>2</sup> = 9,80665 × 10 <sup>4</sup> Н/м <sup>2</sup> = 10 <sup>5</sup> Н/м <sup>2</sup>
Расход по массе (массовый), производительность	кг/ч	кг/с	1 кг/ч = 0,278 · 10 <sup>-3</sup> кг/с
	т/ч	кг/с	1 т/ч = 0,278 кг/с
Расход объемный, производительность	м <sup>3</sup> /ч	м <sup>3</sup> /с	м <sup>3</sup> /ч = 0,278 · 10 <sup>-3</sup> м <sup>3</sup> /с
	л/мин	м <sup>3</sup> /с	1 л/мин = 0,0167 · 10 <sup>-3</sup> м <sup>3</sup> /с

## СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие . . . . .	3
-----------------------	---

### ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

#### Определение технических параметров характеристик литейного оборудования

<i>Практическая работа 1.</i> Разработка технической характеристики литейного оборудования . . . . .	5
<i>Практическая работа 2.</i> Разборка и сборка формовочной машины и стандартных узлов воздухораспределения . . . . .	7
<i>Практическая работа 3.</i> Изучение кинематических и пневматических схем литейного оборудования . . . . .	12

#### Формовочное оборудование литейных цехов

<i>Практическая работа 4.</i> Изучение прессовой формовочной машины . . . . .	21
<i>Практическая работа 5.</i> Определение основных конструктивных параметров пневматического прессового механизма . . . . .	24
<i>Практическая работа 6.</i> Изучение конструкции и работы встряхивающих машин для изготовления полуформ верха . . . . .	30
<i>Практическая работа 7.</i> Изучение принципа работы встряхивающих формовочных машин с подпрессовкой и поворотным столом . . . . .	34
<i>Практическая работа 8.</i> Изучение принципа работы встряхивающих машин с перекидным столом . . . . .	40
<i>Практическая работа 9.</i> Расчет основных параметров встряхивающего механизма формовочной машины . . . . .	43
<i>Практическая работа 10.</i> Изучение пескострельной машины 348 . . . . .	54
<i>Практическая работа 11.</i> Определение основных конструктивных параметров пескострельного механизма . . . . .	60

## Подготовка материалов для литейного производства

*Практическая работа 12.* Расчет и построение эпюр шаровых нагрузок при различных режимах работы . . . . . 68

### Приготовление смесей

*Практическая работа 13.* Изучение конструкции, принципа работы и кинематической схемы смесителей . . . . . 74

*Практическая работа 14.* Расчет параметров системы распределения смеси по бункерам формовочных машин . . . . . 77

### Методика расчета пневматического транспорта, выбивных решеток и ковшей

*Практическая работа 15.* Расчет пневматического транспорта литейного цеха . . . . . 83

*Практическая работа 16.* Расчет механических выбивных решеток . . . . . 90

*Практическая работа 17.* Расчет ковша для разливки жидкого металла . . . . . 94

### Проектирование литейных цехов

*Практическая работа 18.* Расчет оборудования для формовочного отделения литейного цеха . . . . . 104

*Практическая работа 19.* Расчет оборудования для литейного цеха мелкосерийного производства . . . . . 108

*Практическая работа 20.* Расчет оборудования для литейного цеха массового производства . . . . . 116

## ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

### Анализ работы оборудования литейного цеха

*Лабораторная работа 1.* Определение степени уплотнения формовочной смеси при встряхивании с допрессовкой . . . . . 125

*Лабораторная работа 2.* Установление зависимости между плотностью формовочной смеси и высотой опоки при прессовании . . . . . 128

*Лабораторная работа 3.* Характер изменения плотности смеси в опоке при вибропрессовании . . . . . 130

*Лабораторная работа 4.* Анализ работы щековой дробилки 133

*Лабораторная работа 5.* Анализ работы валковой дробилки 136

*Лабораторная работа 6.* Анализ работы шаровой мельницы . 139

<i>Лабораторная работа 7. Установление зависимости между временем перемешивания составляющих смеси и ее свойствами при различных зазорах между днищем чаши и ободом катка смесителя . . . . .</i>	141
<i>Лабораторная работа 8. Очистка поверхности отливок от пригара трением . . . . .</i>	143
<i>Приложение . . . . .</i>	145

**Николай Андреевич Рыбальченко,  
Борис Сергеевич Сперанский,  
Владимир Иванович Гонтаренко**

## **ОБОРУДОВАНИЕ ЛИТЕЙНЫХ ЦЕХОВ**

### **Лабораторные и практические работы**

Редакторы И. К. Михайлова, М. Х. Тахтаров  
Художественный редактор С. Р. Ойхман  
Технический редактор В. М. Авдеенко  
Корректоры Л. И. Зотова, О. В. Подолина

Информ. бланк № 3884

Сдано в набор 5.06.79. Подп. в печать 12.10.79. БП 10 666. Формат 84×108<sup>1/32</sup>. Бумага типогр. № 1. Лит. гарн. Выс. печать. 7,98 усл.печ. л. 7,03 уч.-изд. л. Тираж 3000 экз. Изд. № 3969. Зак. 9-266. Цена 40 к.

Головное издательство издательского объединения «Вища школа», 252054, Киев-54, ул. Гоголевская, 7.

Отпечатано с матриц Книжной фабрики им. М. В. Фрунзе республиканского производственного объединения «Полиграфкинга» Госкомиздата УССР, Харьков, Донец-Захаржевская, 6/8 в Харьковской типографии № 16, Харьков-3, Университетская, 16, Зак. 2047.



## **Уважаемые читатели!**

*В издательском объединении «Вища школа» в 1979 г. выйдут из печати следующие книги:*

### **ГОЛОВНОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО**

**Основы научных исследований в литейном производстве.** Руководитель авт. кол. проф. А. Е. Кривошеин.  
Яз. рус. 10 л., 55 к. 2000 экз.

В учебном пособии рассмотрены основные этапы научных исследований в литейном производстве. Исходя из его современного состояния и основных научных проблем освещены важнейшие элементы методологии и общей методики научного исследования. Особое внимание уделено технике и методам научных исследований; изложены вопросы оформления, патентования, публикации и внедрения в производство результатов научных исследований.

Для студентов, обучающихся по специальностям «Литейное производство черных и цветных металлов» и «Машины и технология литейного производства», а также широкого круга инженерно-технических и научных работников, аспирантов соответствующих специальностей.

**Родин П. Р. Metallорежущие инструменты.**  
изд. Яз. рус. 30 л. 1 р. 20 к. 10 000 экз.

В учебнике описаны методы расчета и конструирования металлорежущих инструментов. Большое место от

дится анализу общих принципов конструирования режущих инструментов, овладение которыми позволяет грамотно проектировать новые и совершенствовать известные инструменты. Даны рекомендации по выбору материалов, применяемых при изготовлении режущих инструментов, а также рассмотрены абразивные инструменты, которые находят все более широкое применение в машиностроении.

Второе издание (1-е изд.— 1974 г.) дополнено новыми данными о достижениях в развитии методов расчета и конструирования металлорежущих и абразивных инструментов.

Учебник предназначен для студентов машиностроительных специальностей втузов.

## **ИЗДАТЕЛЬСТВО ПРИ ХАРЬКОВСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ**

**Рыжков И. В. Электрофорез в литейном производстве.** Яз. рус. 15 л. 2 р. 40 к. 4000 экз.

В монографии освещены вопросы электрофоретического осаждения твердой фазы из грубых суспензий. Разработана теория и на ее основе предложен способ образования токопроводящих покрытий из проводников второго рода. Показано решающее влияние природы и концентрации потенциалоопределяющих электролитов на устойчивость суспензий и скорость электрофоретического перемещения твердой фазы. Описана новая технология изготовления литейных форм, обеспечивающая получение отливок повышенной точности в улучшенных санитарно-гигиенических условиях.

Предназначена для научных работников и специалистов в области литейного производства.

*Книги ИО «Вища школа» можно заказать в любом магазине облкниготорга или облпотребсоюза, а также в магазине «Книга—почтой».*