

Министерство образования и науки, молодежи и спорта Украины
Донбасская государственная машиностроительная академия

ОБОРУДОВАНИЕ ЛИТЕЙНЫХ ЦЕХОВ

**Методические указания к
выполнению лабораторных работ**

**(для студентов направления подготовки 6.050402
дневной и заочной формы обучения)**

Краматорск 2012

Министерство образования и науки, молодежи и спорта Украины
Донбасская государственная машиностроительная академия

ОБОРУДОВАНИЕ ЛИТЕЙНЫХ ЦЕХОВ

**Методические указания к
выполнению лабораторных работ**

**(для студентов направления подготовки 6.050402
дневной и заочной формы обучения)**

Утверждено
на заседании
методического совета
протокол № 12 от 4.12.2012

Краматорск 2012

УДК 621.791

Оборудование литейных цехов: методические указания к выполнению лабораторных работ (для студентов направления подготовки 6.050402 дневной и заочной форм обучения) / укл.: И.И. Гунько, А.Р. Абдулов. – Краматорск: ДГМА, 2012. – XX с.

Содержат методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине "Оборудование литейных цехов".

Составители: И.И. Гунько, доц.
А.Р. Абдулов, ст. преп.

Отв. за выпуск: В.К. Заблоцкий, проф.

СОДЕРЖАНИЕ

Вступ	1
1 Програма курсу та методичні вказівки для його вивчення	
1.1 Тема 1. Основи реології. Витікання металу з ковша та його рух в ливниковій системі	
1.1.1 Особливості рідкого металу як гідравлічного об'єкту. Реологія.	
1.1.2 Основні положення гідростатики та гідродинаміки	
1.1.3 Витікання металу з ковша	
1.1.4 Рух металу в ливниковій чаші і воронці та в стояку	
1.1.5 Рух металу в шлаковловлювачі	
1.2 Тема 2. Фільтрування металу	
1.2.1 Сітчасті та зернисті фільтри	
1.2.2 Керамічні, пінокерамічні та пресовані фільтри	
1.3 Тема 3. Динамічна та статична дія металу на форму та стрижні	
1.4 Тема 4. Гідравлічні основи розрахунку ливникових систем	
2 Практичні роботи	
3 Методичні вказівки по виконанню контрольних робіт	
4 Завдання на контрольну роботу	
Перелік посилань	

ОБЩАЯ ЧАСТЬ

Лабораторный практикум курса “Теоретические основы механизации и автоматизации процессов производства отливок” предназначен для закрепления теоретических знаний студентов по анализу конструкций и работы оборудования литейных цехов, а также приобретения навыков в проведении экспериментов поискового характера.

Организация лабораторного практикума

Лабораторные работы выполняются по утвержденному графику, который вывешивается в лаборатории. Часть работ может выполняться на предприятиях города в реальных заводских условиях. К лабораторной работе допускаются студенты, ознакомившиеся заблаговременно с ее содержанием и методикой выполнения, изучившие соответствующие разделы теоретического курса.

Работы выполняются в последовательности, приведенной в методическом указании. На заключительном этапе каждой работы студенты обрабатывают и анализируют экспериментальные данные, сравнивают их с теоретическими, анализируют причины расхождения данных, делают выводы по результатам работы. Часть расчетов выполняется по предлагаемым программам на ПЭВМ.

При защите лабораторной работы студент обязан знать ее теоретические положения, методику измерений, уметь объяснить полученные зависимости и их характер. К работе в лаборатории и на предприятии допускаются лица, прошедшие инструктаж по технике безопасности.

Общие указания по оформлению отчетов

Отчеты о лабораторных работах оформляют в порядке очередности их выполнения. Схемы и графики вычерчиваются в карандаше с применением чертежных принадлежностей в соответствии с требованиями ЕСКД. Графические зависимости, получаемые в работе рекомендуется выполнять либо на миллиметровой бумаге, либо с использованием специальных программных продуктов Microsoft Office, Origin, Statistica и др. Если расчет выполняется с применением ПЭВМ, то результаты подкладываются к отчету по лабораторной работе, анализируются и на основании этого делаются соответствующие выводы.

Отчеты должны содержать: название работы, ее цель, краткое описание основных теоретических сведений, схему лабораторной установки, описание принципа ее работы, ход лабораторной работы, необходимые расчеты, обсуждение результатов эксперимента и выводы.

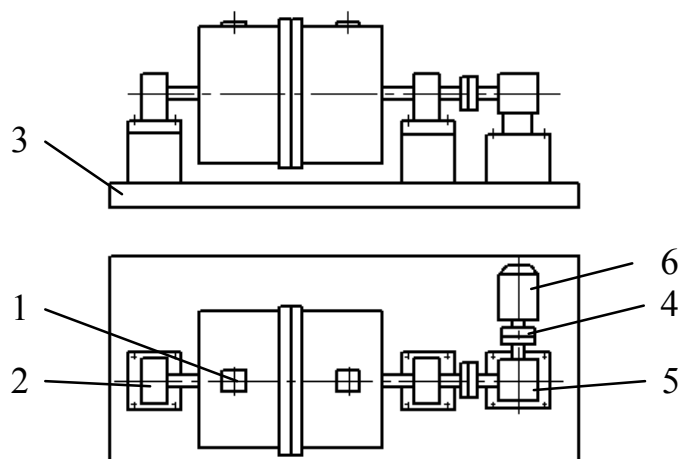
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

Исследование и анализ работы шаровой мельницы

Цель работы - изучить конструкцию и принцип действия шаровой мельницы, определить ее конструктивные параметры в зависимости от разных режимов работы.

Общие указания

В литейных цехах для размалывания угля и глины применяются шаровые мельницы. Шаровая мельница (рис. 1.1) представляет собой барабан, вращающийся вокруг горизонтальной оси, в который загружены куски размалываемого материала и металлические шары. Материал в мельницах измельчается в основном под действием удара падающих мелющих тел и частично за счет истирания между ними. К основным факторам эффективности работы мельницы относятся число оборотов барабана, масса загрузки, размеры мелющих тел (шаров) и загружаемых кусков, тонкость помола, физические свойства материала, подлежащего дроблению.



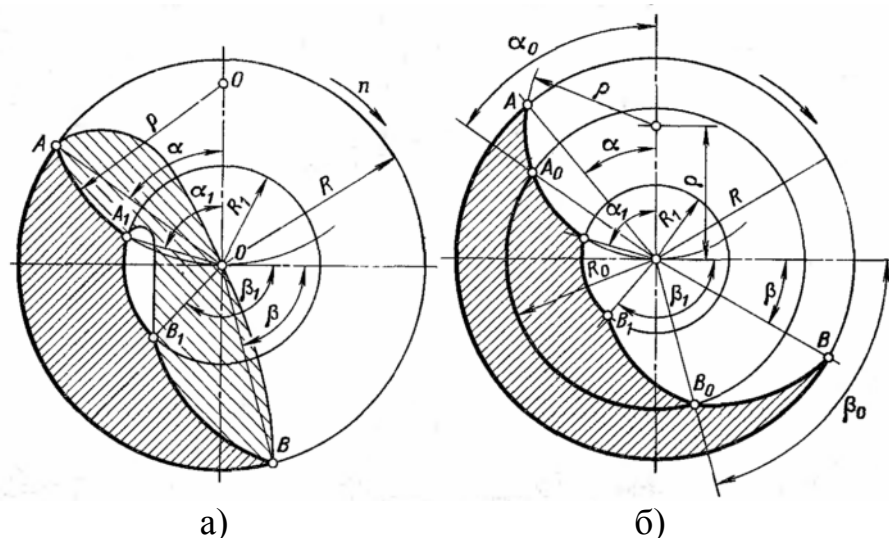
1 – Отсек для загрузки измельчаемого материала; 2 – Опора; 3 – Станина; 4 – Муфта; 5 – Редуктор; 6 – Электродвигатель

Рисунок 1.1 – Схема лабораторной установки шаровой мельницы

При выборе частоты вращения мельницы следует иметь в виду, что если слишком медленное вращение барабана мельницы ведет к уменьшению производительности, то при слишком быстром вращении могут возникнуть столь большие центробежные силы, что под действием их шары прижмутся к стенкам барабана и вовсе не станут падать. Производительность мельницы будет равна нулю.

Число оборотов барабана, при которых центробежная сила шара

уравновешивается его массой в самой верхней точке, называется критическим. Рабочее число оборотов должно быть меньше критического. Исследования траектории движения шаров показали, что наибольшая энергия удара при работе мельницы в режиме максимальной производительности достигается при угле отрыва $\alpha=54^\circ 40'$ (рис. 1.2). Этот угол будет только у наружного слоя шаров, в котором размещается наибольшее их число и только при работе мельницы в режиме максимальной производительности.



а – режим максимальной производительности; б – режим максимальной экономичности

Рисунок 1.2 – Эпюры шаровых нагрузок при различных режимах работы:

Для достижения режима максимальной производительности необходимо, чтобы рабочая частота вращения мельницы достигала следующего значения

$$n = 32/\sqrt{D},$$

где D – диаметр барабана мельницы.

Для установления режима максимальной экономичности угол отрыва шаров составит $\alpha=40^\circ$ (рис. 1.2). Частота вращения находится по следующему выражению

$$n = 37,2/\sqrt{D},$$

где D – диаметр барабана мельницы.

Методика расчета параметров шаровой мельницы в зависимости от различных режимов представлена в табл. 1.1.

Материалы, оборудование.

Шаровая мельница модели ХХХ, измерительные средства, две на-вески формовочной глины по 1 кг, мелющие тела различного размера, сито лабораторное с набором сит.

Порядок выполнения работы

- 1 Изучить конструкцию и принцип работы шаровой мельницы.
- 2 Произвести необходимые замеры основных геометрических размеров (указаны в табл. 1.1).
- 3 Рассчитать конструктивные параметры установки, результаты занести в табл. 1.1.

Таблица 1.1 – Методика расчета параметров шаровой мельницы

Показатель	Режим			
	максимальной производительности		максимальной экономичности	
	Формула	Расчет	Формула	Расчет
1) Диаметр шаров, м	$d_{ш} = 2R/9$		$d_{ш}' = 2R/12$	
2) Диаметр траектории центров тяжести шаров внешнего слоя, м	$D_1 = D - d_{ш}$		$D_1' = D - d_{ш}'$	
3) Число оборотов мельницы, с ⁻¹	$n = 32 / \sqrt{D_1}$		$n = 37,2 / \sqrt{D_1'}$	
4) Радиус шаровой нагрузки слоев, м: - внутреннего - внешнего - редуцированного	$R_b = 0,481R$ $r = 0,866R$ $R_0 = 0,785R$		$R_b' = 0,362R$ $r' = 0,585R$ $R_0' = 0,752R$	
5) Коэффициент загрузки мельницы шарами	$\varphi = 0,4$		$\varphi' = 0,54$	
6) Масса шаров, загружаемых в мельницу, кг	$G = \frac{\pi D^2}{4} L \varphi \rho \varphi_1$		$G' = \frac{\pi D^2}{4} L \varphi' \rho \varphi_1$	
7) Производительность мельницы, кг/ч	$Q = aG^{0,6}$		$Q = a(G')^{0,6}$	
8) Мощность, потребляемая шаровой мельницей, кВт	$N = 0,01G \sqrt{R}$		$N = 0,01G' \sqrt{R}$	

Примечание. Приводимые обозначения величин в формулах и их о п-

ределение:

R - радиус шаровой мельницы, м;

D - внутренний диаметр шаровой мельницы, м;

L - длина барабана мельницы, м;

ρ - насыпная плотность шаров, $\rho = 3500 \dots 4000 \text{ кг/м}^3$;

φ_1 - коэффициент разрыхления загружаемого материала,
 $\varphi_1 = 0,5 \dots 0,6$;

a - коэффициент размолотости материала: для глины
 $a = 0,5 \dots 2,5$; для углей $a = 1,5 \dots 4,5$.

4 Определить экспериментальным путем производительность мельницы. Для этого взять две навески глины или другого материала, по 1 кг каждая. Настроить один отсек мельницы на режим максимальной экономичности, другой – максимальной производительности, загружая расчетную массу шаров и материала в каждый отсек. После работы мельницы в течение 5 мин ее останавливают, выгружают по отдельности материал из отсеков. Навеску из каждого отсека просеивают на сите. Продукт, оставшийся на каждом сите взвешивают, и результаты заносят в табл. 1.2.

5 По ситу 3 вычислить производительность при каждом режиме

$$Q = m_3 / m_{об},$$

где m_3 – масса материала на сите №3, кг;

$m_{об}$ - общая масса навески, кг.

Таблица 1.2 - Результаты измельчения материала

Номер сита	Масса материала на сите, кг, при режимах	
	максимальной производительности	максимальной экономичности
3		

6 По результатам экспериментальной части работы и по расчетам сделать вывод.

Контрольные вопросы

- 1 Описать устройство и принцип действия лабораторной установки.
- 2 Описать ход работы.
- 3 Каким образом происходит помол материала?
- 4 Каков порядок определения производительности установки?
- 5 Оборудование для проведения подготовительных операций.
- 6 Оборудование для проведения дробления.
- 7 Оборудование для проведения измельчения.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

Исследование работы сита и определение коэффициента полезного действия просеивания

Цель работы - изучить принцип действия, особенности конструкции и назначение сита; приобрести практические навыки по определению коэффициента полезного действия просеивания.

Общие указания

Эффективность просеивания (КПД) оценивается отношением

$$\varepsilon = \frac{m_n}{m_\Sigma},$$

где m_n - масса зерен, прошедших сквозь сито, кг;

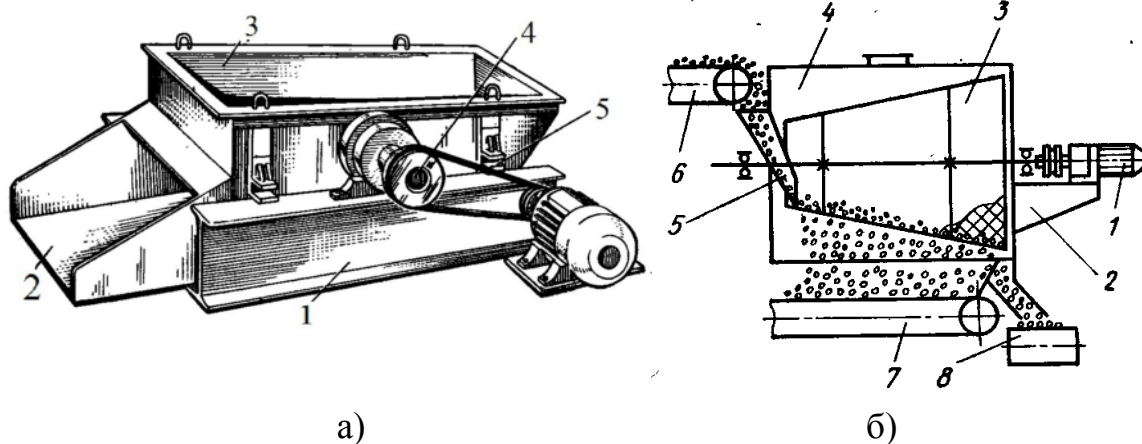
m_Σ - общая масса навески, кг.

Основным фактором, влияющим на КПД просеивания, является направление движения просеиваемого материала относительно полотна сита. Наиболее благоприятным для просеивания будет направление движения материала, перпендикулярное к полотну сита. В этом случае зерна имеют возможность проникать сквозь отверстия сита, в особенности, если движение зерен вдоль полотна происходит с большой скоростью. Однако такое движение материала приводит к обрыву полотна.

В литейных цехах применяются сита плоские и барабанные (рис. 2.1). Работа плоских сит (рис. 2.1, а) основана на взаимодействии сил тяжести и инерции. Сущность просеивания заключается в следующем: материал, помещенный на полотно сита, движется вместе с полотном в заданном направлении. Затем полотно под действием привода меняет направление, а часть материала продолжает по инерции движение в первоначальном направлении до тех пор, пока сила тяжести материала не превысит силу инерции, материал падает вниз, происходит просеивание. Барабанное полигональное сито (рис. 2.1, б) применяют главным образом для просеивания отработанной формовочной смеси. В литейных цехах они получили широкое распространение.

Материалы, оборудование.

Сито лабораторное с набором сит, навески и измельченной формовочной глины, весы.



а – плоское механическое сито: 1 - рама, 2 - решетка, 3 - корпус, 4 - эксцентриковый вал, 5 - амортизаторы;
 б – барабанное сито: 1 - привод, 2 - рама, 3 - барабан, 4 - кожух вытяжной, 5 - воронка загрузочная, 6 - конвейер подачи смеси, 7 - конвейер отвода просеянной смеси, 8 - конвейер отвода отходов

Рисунок 2.1 – Сита, используемые в литейных цехах

Порядок выполнения работы

1 Для выполнения работы использовать две навески формовочной глины по 1 кг каждая, взятых после размолв на шаровой мельнице в разных режимах работы мельницы: максимальной экономичности и максимальной производительности. Производить просеивание материала из разных групп навесок в течение 180 с. Взвешиванием определить количество материала на каждом сите. По размерам ячейки сита определить размер просеянного материала.

2 Вычертить лабораторную установку сита, на которой проводится работа и выполнить ее описание.

3 Рассчитать КПД (%) каждого сита с использованием выражения

$$\varepsilon_n = \frac{m_{n-1} - m_n}{m_{n-1}} \cdot 100,$$

где m_{n-1} - масса навески глины перед просеиванием на n -ом сите, кг;
 m_n - масса навески глины, оставшейся на n -ом сите после просеивания, кг.

4 Результаты экспериментов и расчетов занести в табл. 2.1, проанализировать полученные результаты, сделать вывод.

Таблица 2.1 - Результаты просеивания

Номер сита	Режимы работы шаровой мельницы, при которых были получены навески формовочной глины					
	максимальной производительности			максимальной экономичности		
	m_{n-1} , кг	m_n , кг	ε , %	m_{n-1} , кг	m_n , кг	ε , %

Контрольные вопросы

- 1 Описать устройство и принцип действия лабораторной установки.
- 2 Описать ход работы.
- 3 Объяснить, в чем заключается сущность просеивания.
- 4 Как КПД сита связан с работой мельницы?
- 5 Описать принцип работы плоского механического сита.
- 6 Описать принцип работы барабанного полигонального сита.
- 7 Описать принцип работы вибрационного сита.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

Исследование работы бегунов и определение влияния конструктивных параметров смесителя на качество смеси

Цель работы - изучить конструкцию, принцип действия и расчет смесителя; определить влияние расстояния между катками и днищем бегунов на качество смеси.

Общие указания

Для приготовления качественной песчано -глинистой смеси необходимо, чтобы каждая песчинка обволакивалась связующим, в данном случае пылевидной глиной. Высокое качество смешивания возможно только в том случае, если материалы, загруженные в чашу смесителя, неоднократно подвергаются действию плужков и катков, распределяющих, уплотняющих, разрыхляющих смесь. Такое действие возможно, если под катки будет затягиваться определенный по высоте h слой смеси (рис.3.1). Чтобы частицы смеси затягивались катками, угол захвата между касательной T (проведенной перпендикулярно радиусу катка R_K в точке касания A с произвольной песчинкой) и горизонтальной осью X не должен превышать некоторой величины, соответствующей конструктивным параметрам смесителя в зависимости от силы давления P на смесь в точке касания при условии $R_K \perp T$.

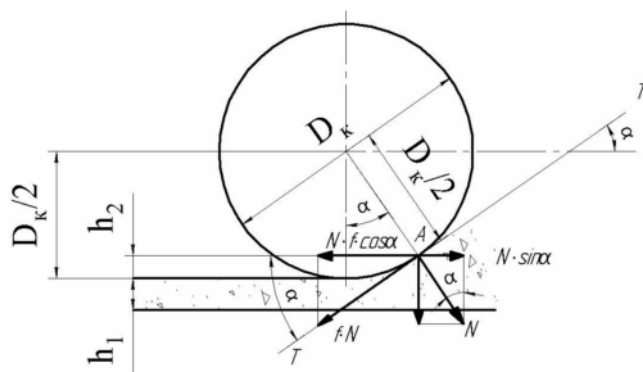


Рисунок 3.1 – Схема скольжения катка

Условие затягивания смеси под каток можно записать:

$$Nf \cos \alpha \geq N \sin \alpha,$$

где N - усилие, действующее в смесителе при перемещении катка по слою смеси, H ;

Nf – сила трения, возникающая при движении катка, H .

Решая неравенство относительно коэффициента трения f , находим

$$f \geq \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \operatorname{tg} \alpha.$$

Если принять, что коэффициент трения катков (металл) – смеси (песок) составляет 0.7, то угол захвата $\alpha = 35^\circ$.

Общая высота слоя смеси на дне чаши

$$h = h_1 + h_2,$$

где h_1 – высота слоя смеси, лежащего в зазоре между катком и дном чаши, $h_1 = 0,010 \dots 0,025$ м;

h_2 – высота слоя смеси, затягиваемого под каток, м.

При конструировании бегунов необходимо связать изменение объема замеса с конструктивными параметрами – диаметрами чаши $D_{\text{ч}}$ и катка $D_{\text{к}}$, шириной катка $b_{\text{к}}$.

Диаметр чаши смесителя можно определить исходя из заданной емкости замеса и проверить по выбранным каткам. Емкость одного замеса определим по формуле

$$V_{\text{зам}} = \frac{\pi D_{\text{ч}}^2}{4} h,$$

где h – общая высота слоя смеси в чаше, м, или относительно днища чаши бегунов

$$V_{\text{зам}} = \frac{\pi D_{\text{ч}}^2}{4} (h_1 + h_2)$$

Обычно $h_2 = \frac{D_{\text{к}}}{12}$, где $D_{\text{к}}$ – диаметр катка.

Известно, что наилучшее соотношение $D_{\text{к}} = 0,5 D_{\text{ч}}$, тогда $h_2 = \frac{D_{\text{ч}}}{24}$.

При изменении объема замеса для получения качественной смеси конструктивные параметры смесителя необходимо изменить с учетом следующих ограничений

$$\frac{\pi \cdot D_{\text{ч}}^2}{4} \cdot h_1 \leq V_{\text{зам}} \leq \frac{\pi \cdot D_{\text{ч}}^2}{4} \left(0,02 + \frac{D_{\text{ч}}}{24} \right).$$

Исходя из первого ограничения вычислим $D_{\text{ч}}$

$$V_{3AM} \geq \frac{\pi D_q^2}{4} h_1,$$

$$D_q = \sqrt{\frac{4V_{3AM}}{\pi h_1}}.$$

Полученное значение D_q изменяем до тех пор (через шаг 0,1), пока не выполнится второе ограничение

$$V_{3AM} \leq \frac{\pi D_q^2}{4} (0,02 + \frac{D_q}{24} D_q).$$

Найдем уточненное значение D_q . Ширину катка определим из соотношения

$$b_K = (\frac{1}{3} \dots \frac{1}{5}) D_K \text{ или } b_K = (\frac{1}{10} \dots \frac{1}{12}) D_q.$$

Диаметр катка из соотношения $0,417D_q \geq D_K \geq 0,325D_q$.

Диаметр катка выбираем таким образом, чтобы при вычислении ширины катка по первому или второму варианту их значения совпали.

Материалы, оборудование.

Бегуны лабораторные, исходные компоненты для приготовления песчано-глинистой смеси, копер для приготовления стандартной пробы, гильза, установка для определения прочности формовочной смеси.

Описание лабораторной установки

Установка представляет собой бегуны с вертикальными катками (рис. 3.2). Основанием бегунов является днище 11, на которое установлена чаша 1. В чаше вокруг вертикального вала 2 вращается на подшипниках 3 коромысло 17 с двумя катками 5 и плужками 9. Чаша и днище опираются на четыре стойки 14. В днище имеется отверстие для выдачи приготовленной смеси. Это отверстие перекрыто крышкой. Под загрузочным отверстием укреплены лотки (на схеме не показаны). К валу 2 через косозубое зацепление 10, 12 и вал 13 (это устройство является редуктором) присоединен через муфту 15 электродвигатель 16.

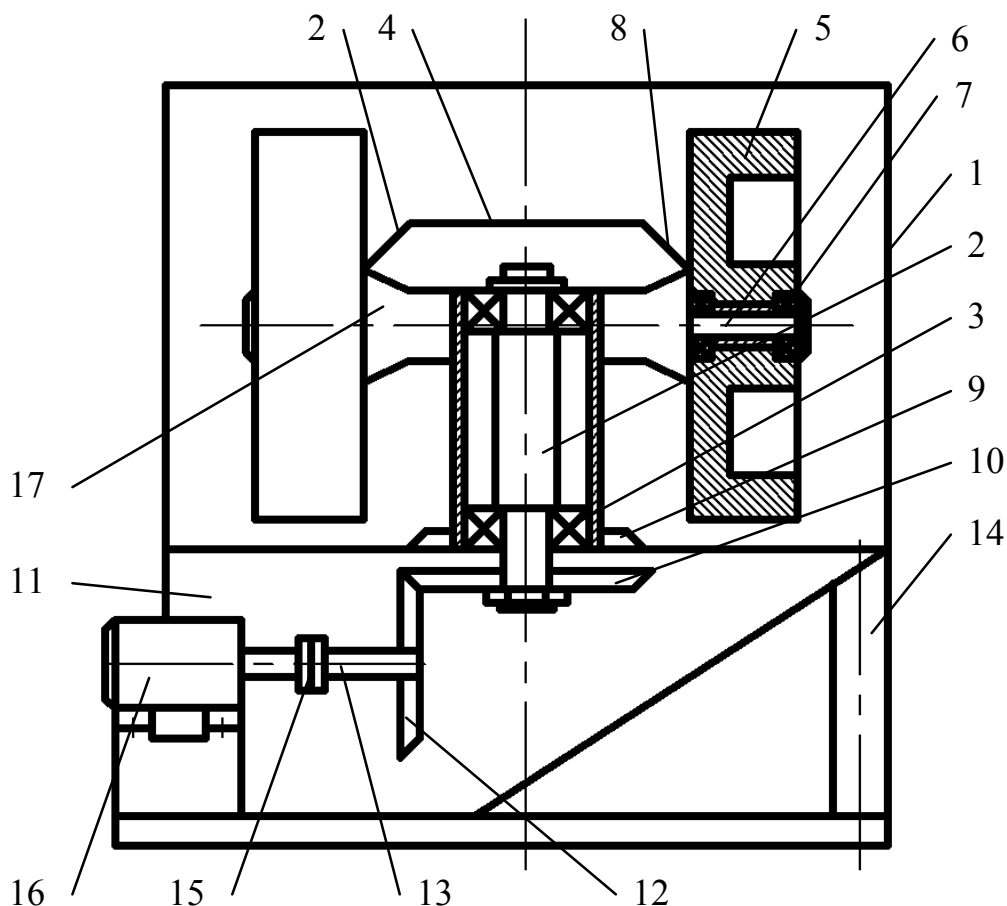


Рисунок 3.2 – Схема лабораторной установки бегунов

Каждый каток установлен на валу на подшипниках 7 для обеспечения вращения катков вокруг оси вала 6. Пружина 4 отжимает стакан с рычажным устройством 8, обеспечивая постоянный прижим катка к смеси. Коромысло 17 в верхнем положении на стакане обеспечивает зазор 25 мм между катком и днищем. Зазор может регулироваться в сторону уменьшения.

Сыпучие добавки (уже отдозированные) вводятся в чашу через отверстие в крышке, глинистая эмульсия – через объемный дозатор. При вращении вертикального вала плужки перемещают смесь к обечайке чаши и к центру чаши. Смесь разрыхляется, переворачивается и направляется под катки, которые уплотняют смесь, что способствует покрытию зерен песка связующим.

Порядок выполнения работы

- 1 Изучить устройство лабораторного смесителя.
- 2 Рассчитать необходимый объем замеса для лабораторного смесителя, замерив, его параметры.
- 3 Установить между днищем и катком максимально возможный зазор. Загрузить рассчитанный объем материалов. Включить привод и пере-

мешивать в течение 3 мин. Остановить бегуны, взять пробу и проверить материал на сырую прочность. Данные занести в табл. 3.1.

4 Повторить эксперименты с зазором между днищем и катком минимально возможным и средним между максимальным и минимальным. Данные занести в табл. 3.1.

5 Сделать вывод по экспериментальной части работы.

Таблица 3.1 - Результаты экспериментов

Номер пробы	Объем за-меса, м ³	Время перемешивания, с	Сырая прочность смеси на сжатие (кПа) при зазоре (мм)		
			0	15	30
1					
2					
3					
Среднее значение					

Контрольные вопросы

- 1 Объяснить сущность приготовления смесей в смесителях.
- 2 Объяснить устройство бегунов и принцип их действия.
- 3 Методы расчета основных технологических параметров работы смесителей.
- 4 Что такое угол захвата смеси, как он определяется?
- 5 Каким образом зазор между днищем чаши и катком смесителя влияет на качество смеси?
- 6 Классификация смешивающих устройств.
- 7 Основные виды смесителей.
- 8 Центробежные бегуны.
- 9 Лопастные смесители.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

Анализ работы прессовой машины и построение индикаторной диаграммы прессового механизма

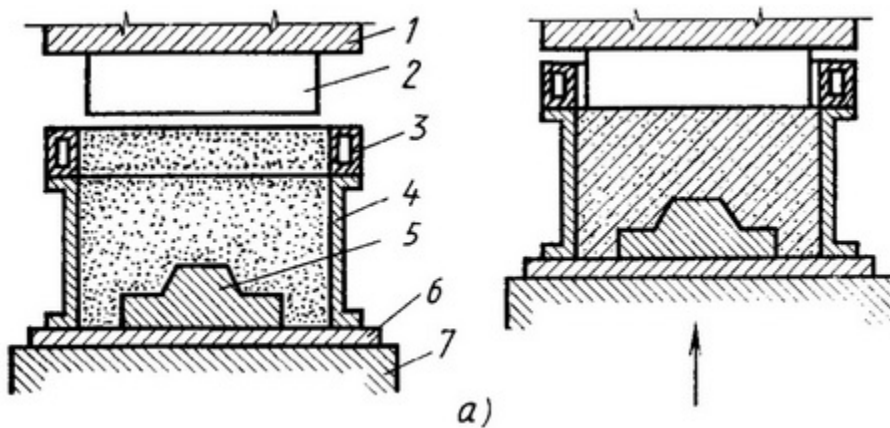
Цель работы - изучить конструктивные особенности и определить основные конструктивные параметры прессового механизма формовочной машины, построить и проанализировать индикаторную диаграмму по практическим данным.

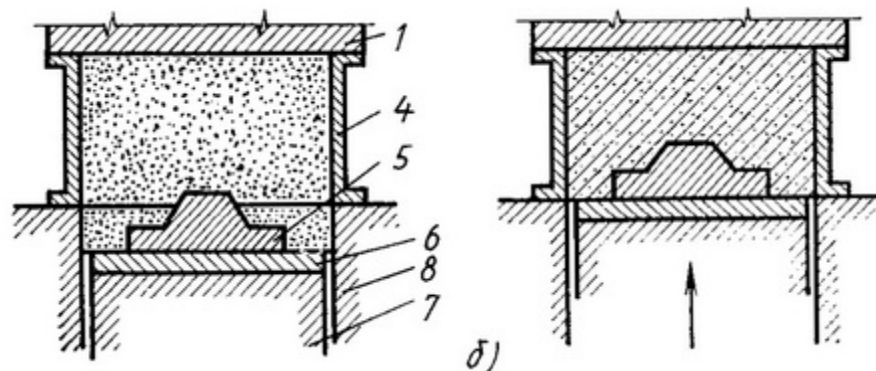
Общие указания

Одним из методов уплотнения литейных форм является прессование. Целью уплотнения является достижение такой плотности и прочности формовочной смеси, при которой литейная форма не изменяет свои размеры под влиянием статического, динамического и химико-термического воздействия заливаемого в нее металла и обеспечивает получение точной отливки с гладкой поверхностью.

Сущность процесса уплотнения прессования заключается в том, что при достаточно больших нагрузках смесь в замкнутом объеме (опоке) перетекает из полостей более уплотненных в полости менее уплотненные, в результате чего форма равномерно уплотняется, т.к. перетекание заканчивается и уплотнение завершается при достижении в различных частях полости формы состояния предельного равновесия.

Используют два способа прессования - верхнее и нижнее (рис. 4.1, а). Более распространены формовочные машины с верхним прессованием.





а – верхнее прессование; б – нижнее прессование

Рисунок 4.1 – Схемы прессования, применяемые в формовочных машинах: 1 - неподвижная траверса, 2 - прессовая колодка, 3 - наполнительная рамка, 4 - опока, 5 - модель, 6 - модельная плита, 7 - прессовый стол, 8 - неподвижный стол

При использовании прессовой машины процесс перетекания смеси продолжается до конца внедрения прессовой колодки в объем наполнительной рамки.

Основным фактором уплотняющего воздействия на форму при прессовании является удельное давление прессования P . Исследования, проведенные Н.П. Аксеновым, позволили получить зависимость средней плотности $\delta_{\text{ср}}$ (г/см^3) литейной формы от удельного давления прессования P (кг/см^2) и начальной плотности δ_0 (г/см^3), обычно $\delta_0 = 1,0$

$$\delta_{\text{ср}} = \delta_0 + CP^{0,25}$$

$$P = ((\delta_{\text{ср}} - \delta_0) / C)^4,$$

где C - коэффициент уплотняемости, $C = 0,4 \dots 0,6$.

Это эмпирическое уравнение позволяет определить степень уплотнения смеси в форме при удельных давлениях не выше $0,5 \dots 0,6$ МПа ($5 \dots 6$ кгс/см^2).

Основным показателем экономичности работы прессового механизма является отношение работы сжатого воздуха, затраченного на чистое прессование, к работе сил трения, возникающих в процессе прессования. Определить это отношение удобнее всего путем построения индикаторной диаграммы.

Индикаторная диаграмма идеального прессового механизма (рис. 4.2) строится в координатах $P - S$, где S - ход прессового поршня. По площади индикаторной диаграммы и по ее форме можно судить о величине не полезно затраченной работы, а также определить характер неисправностей в данной машине.

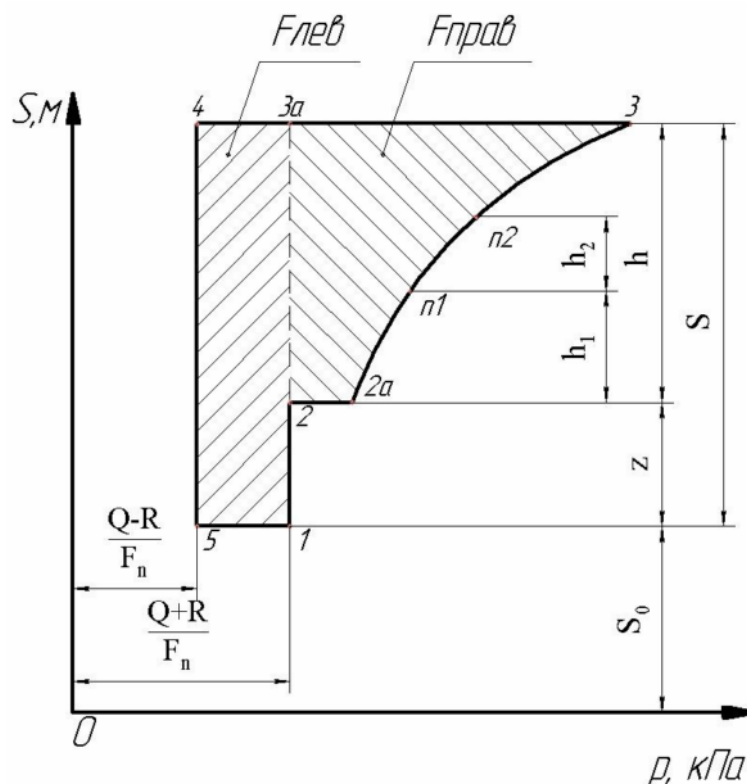


Рисунок 4.2 - Индикаторная диаграмма прессового механизма

Для обычного прессового механизма с верхним прессованием, с подвижной плоской прессовой колодкой и перемещающимся вверх прессовым поршнем с полезной нагрузкой в таблице 4.1 описаны характерные точки на индикаторной диаграмме.

Таблица 4.1 - Характерные точки на диаграмме

Номер точки	Значение точки
1	Начало подъема поршня
2	Высота подъема поршня, при которой выбирается зазор между наполнительной рамкой и прессовой колодкой
2a	Начало внедрения прессовой колодки в объем наполнительной рамки
n ₁ , n ₂	Промежуточные точки, которые определяют характер кривой линии на участке 2a-3, соответствующей изменению давления воздуха при его движении вверх
3	Окончание процесса прессования, после которого вся смесь из наполнительной рамки переместилась в объем опоки
4	Окончание выпуска воздуха из цилиндра и начало опускания поршня
5	Опускание поршня в исходное положение.

Методика расчета прессового механизма

Расчет прессового механизма сводится в таблицу 2.

Таблица 2 - Расчет прессового механизма

Параметры	Координаты точек	Расчет
<p>1</p> <p>Точка 1</p> <p>S_1 см,</p> <p>P_1 г/см²</p>	<p>$S_1 = S_0$,</p> <p>где S_0 - приведенная высота вредного пространства,</p> <p>$S_0 = V_0 / F_{\text{п}}$.</p> <p>Пусть $S_0 = 5$ мм.</p> <p>P_1 - давление воздуха на поршень, которое должно быть достаточным, чтобы преодолеть силу тяжести поднимаемых частей машины с оснасткой и смесью $Q_{\text{пол}}$ и силу трения поршня о стенки цилиндра R:</p> <p>$P_1 = (Q_{\text{пол}} + R) / F_{\text{п}}$,</p> <p>где $Q_{\text{пол}} = V_{\text{пол}} \cdot \gamma_{\text{смеси}} + V_{\text{опроки}} \cdot \gamma_{\text{мет}}$;</p> <p>$R = 0,25 Q_{\text{пол}}$</p>	
<p>2</p> <p>Точка 2</p> <p>S_2 см;</p> <p>P_2 г/см²</p>	<p>$S_2 = S_0 + z$,</p> <p>где z - расстояние от напольной рамки до колодки;</p> <p>$P_2 = P_1$</p>	

3 Точка 2а S_{2a} см; P $г/см^2$	$S_{2a} = S_2,$ $P_{2a} = P_2 + ((\delta_0 - 1)/C)^4 (F_{оп}/F_{п}),$ где δ_0 - начальная плотность смеси: если $\delta_0 = 1 г/см^3$ (т.е. смесь рыхлая), то сопротивление формы уплотнению в начальный момент прессования $P_0=0$ и линия прессования индикаторной диаграммы покажет плавное нарастание давления от точки 2; если же начальная плотность смеси $\delta_0=(1,1-1,3) г/см^3$, смесь после дозатора, то давление воздуха под поршнем нарастает скачкообразно. Величина скачка P_{2a} пропорциональна разности δ_{0-1} , находящейся в точке 2а	
4 Точка 3 S_3 см; P_3 $г/см^2$	$S_3 = h,$ $P_3 = P_2 + ((\delta_k - 1)/C)^4$ $F_{оп}/F_{п},$ где δ_k - конечная плотность смеси лада формы, $г/см^3$	
5 Точка п $S_{п}$ см; $P_{п}$ $г/см^2$	$S_{п} = h_{п},$ $P_{п} = P_3 + ((\delta_{п} - 1)/C)^4$ $F_{оп}/F_{п},$ где $\delta_{п}$ - плотность смеси по срезу формы на высоте $h_{п}$	

Продолжение таблицы 2

Параметры	Координаты точек.	Расчет
6 Точка 4 S_4 см; P_4 $г/см^2$	$S_4 = S_3,$ $P_4 = 1 + (Q - R)/F_{п}$	
7 Точка 5 S_5 см; P_5 $г/см^2$	$S_5 = S_1 = S_0,$ $P_5 = P_4$	

Примечания:

1 Принять $90_{отн. ед.} = 1,7 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3 = 1,7 \text{ г/см}^3,$

2 Габариты опоки и модели, расстояние Z до колодки измерить.

3 Плотность в начале уплотнения δ_0 , в конце уплотнения δ_k , т.е. на ладе формы, а также плотность на срезе формы $\delta_{п}$ замерить.

4 Расчеты занести в таблицу и по расчетным данным построить индикаторную диаграмму.

Расчет работы прессования по индикаторной диаграмме

Площадь индикаторной диаграммы - это работа, совершенная механизмом и записанная в соответствующем масштабе.

По площадям индикаторной диаграммы и по ее форме судят не только о величине полезно затраченной работы, но и о характере неисправностей в данной машине.

Общая площадь f_i индикаторной диаграммы (см. рисунок 2) составляет :

$$f_i = S(1-2-2a-3-3a-4-5-1),$$

т.е. площадь равна работе сжатого воздуха, отнесенной к 1 м^2 площади поршня.

Работа прессования выражается на диаграмме площадью $F_{\text{прав}}$:

$$F_{\text{прав}} = S(2-2a-3-3a-2).$$

Работа трения выражается на диаграмме $F_{\text{лев}}$:

$$F_{\text{лев}} = S(1-3a-4-5-1).$$

Расчет расхода сжатого воздуха - КПД = $F_{\text{прав}}/F_{\text{общ}}$.

По отношению $F_{\text{лев}}/F_{\text{прав}}$, которое должно находиться в пределах 0,1...0,15, можно судить о совершенстве конструкции прессового поршневого механизма, а также дать рекомендации по уменьшению этого соотношения, т.е. увеличению работы прессования.

Индикаторный расход свободного воздуха на одно прессование (кубический метр) с некоторыми допущениями можно найти, если из объема воздуха в точке 3, пересчитанного на атмосферное давление, вычесть количество воздуха, оставшегося во вредном пространстве после выхлопа (в точке 5):

$$V_v = (F_{\text{п}} S - V_0)(P_0 + 10^5) - V_0,$$

где $F_{\text{п}}$ - площадь прессового поршня, м^2 ;

S - ход прессового поршня, м^2 ;

V_0 - объем вредного пространства, м^3 ;

P_0 - давление воздуха в сети, Па, $P_0 = 5 \cdot 10^5$ Па.

Сечения впускного $f_{\text{вп}}$ и выпускного $f_{\text{вып}}$ отверстий в прессовом цилиндре должны быть примерно равными и определяются по формуле.

$$f_{\text{вп}} = f_{\text{вып}} = V_{\text{вп}} / (\tau_{\text{вп}} V_{\text{вп}}),$$

где $\tau_{\text{вп}}$ - время впуска (выпуска) воздуха в цилиндр, с.

$$\tau_{\text{вп}} = \tau_{\text{вып}} = 4 \text{ с};$$

$V_{\text{вп}}$ - скорость впуска (выпуска) в (из) цилиндр(а),

$$V_{\text{вп}} = V_{\text{вып}} = 20 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Анализ индикаторной диаграммы

1 По отношению $K, \Pi, D_s = F_{\text{прав}}/F_{\text{общ}}$, дать рекомендации по увеличению коэффициента полезного действия.

2 Проанализировать, какие параметры влияют на изменение полезной, вредной, общей работы. Результаты анализа нанести на индикаторную диаграмму. Сравнить старый вариант диаграммы с новым. Сделать выводы.

Ход выполнения работы

Лабораторная машина

Работа выполняется на вибропрессовой формовочной машине мод.226. Машина (рис.1) состоит из прессового цилиндра 1, прессового поршня 2 со столом, устройства 3 для протяжки (извлечения) модели из формы, прессовой колодки 7, закрепленной на поворотной траверсе; к столу машины крепится модельная плита 4, на которую надевается опока 5 и дополнительная рамка 6.

Опока с дополнительной рамкой заполняется формовочной смесью. Над дополнительной рамкой на поворотной траверсе устанавливается прессовая колодка. В прессовый цилиндр подается сжатый воздух под давлением 500 -600 кПа (5 -6 кг/см²). Прессовый поршень поднимается вверх, при этом формовочная смесь из дополнительной рамки прессовой колодки перемещается в опоку. После снятия давления прессовый поршень вместе со столом и опокой опускается вниз. Затем с помощью съемного механизма 3 готовая полуформа поднимается вверх. Происходит протяжка модели.

На прессовых машинах подобного типа изготавливают полуформы высотой не более 200 мм, т.к. плотность по высоте опоки не равномерна, наибольшая плотность - под прессовой колодкой, а наименьшая - у плоскости разъема формы.

Рисунок 1- Схема формовочной машины

1 Изучить устройство прессовой машины.

- 2 Произвести замеры габаритов опоки В, С, Н, м:
 - модельной плиты,
 - модели,
 - опоки,
 - наполнительной рамки,
- расстояния от наполнительной рамки до колодки z.
- 3 Вычислить площадь прессового поршня F_n (принять $D_n = 400$ мм).
- 4 Вычислить объем вредного пространства цилиндра V_0
- 5 Установить на стол машины оснастку, засыпать смесь и произвести уплотнение.
- 6 Замерить твердомером твердость по ладу полуформы, для расчетов взять среднее значение δ_k .
- 7 Разрезать полуформу и сделать замеры твердости в середине уплотненной формы, взяв для расчетов среднее значение твердости δ_n и замерив расстояние до точки, в которой производили замеры h_n .
- 8 Произвести расчеты, свести их в таблицу.
- 9 Построить по расчетным данным (координатам точек) индикаторную диаграмму.
- 10 Провести анализ индикаторной диаграммы и рассчитать индикаторный расход сжатого воздуха и диаметры впускного и выпускного отверстий. По расчетным параметрам вычертить в масштабе прессовый механизм.
- 11 Вывод о работе прессового механизма сделать по полученной диаграмме. Дать рекомендации по увеличению работы прессования, КПД, машины, уменьшению расхода сжатого воздуха.
- 12 Провести расчет на ПЭВМ, (программа «PRESS»).

Контрольные вопросы

- 1 Объяснить работу прессового механизма по схеме и индикаторной диаграмме.
- 2 В чем заключается физический смысл прессования?
- 3 Почему в основу расчета прессового механизма положено уравнение Н.П. Аксенова?**
 - 4 По каким параметрам можно судить о совершенстве машины?
 - 5 Как увеличить работу прессования?
 - 6 Как уменьшить работу трения?
 - 7 Что влияет на расход сжатого воздуха?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 2

Анализ работы встряхивающей машины и построение индикаторной диаграммы встряхивающего механизма по практическим данным

Цель работы - изучить конструктивные особенности встряхивающей машины, определить основные параметры встряхивающего механизма, рассчитать, построить и проанализировать индикаторную диаграмму.

Общие указания

Уплотнение форм встряхиванием происходит под действием сил инерции смеси. Поднимаясь на некоторую высоту (0,05...0,08)м, стол встряхивающей машины вместе с опокой, наполненной смесью, падает, ударяется о корпус цилиндра. При этом кинетическая энергия, сообщенная смеси, переходит в работу ее уплотнения (нижний слой тормозится модельной плитой, а последующие слои продолжают двигаться по инерции, уплотняя друг друга.

После некоторого числа (20...60) ударов наступает стабилизация уплотнения, т.е. для каждого варианта, связанного с изменением габаритов опоки, модельной плиты, модели, можно найти и задать такой режим работы (оптимальное число ударов при данной высоте встряхивания), при котором качество уплотнения будет высоким, а расход энергии минимальным.

Прессово – встряхивающая формовочная машина

Основные узлы (рисунок 3): прессовый цилиндр 1, прессовый поршень 2, встряхивающий поршень со столом 3, устройство 4 для извлечения модели из формы, прессовая колодка 8. К столу машины крепится модельная плита 5 с опокой 6 и устанавливается наполнительная рамка 7.

Работа машины

Перед началом работы прессовый поршень 2 и встряхивающий поршень 3 опущены в исходное положение так, что стол опирается на корпус цилиндра 1, при этом отверстия «а» и «б» со вращены. На стол устанавливается модельная плита 5, опока 6, засыпается смесь, колодка 8 на траверсе повернута от рабочего стола вправо.

Затем под встряхивающий поршень подается сжатый воздух по

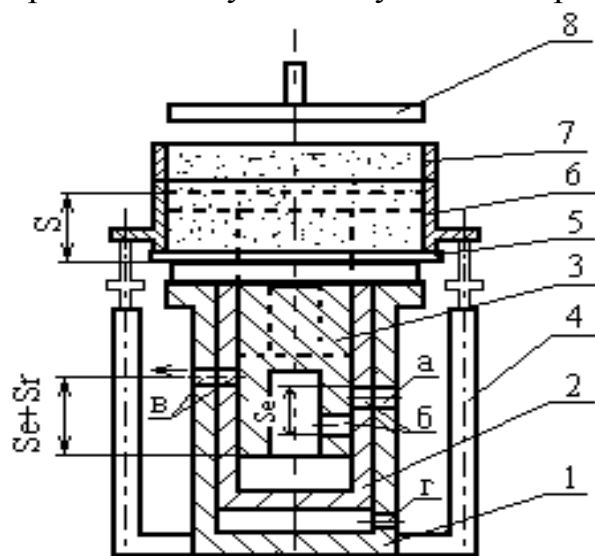
каналам «а» и «б», выбирается вредное пространство V_0 и встряхивающий поршень начинает подниматься вверх, при этом выбирается ход наполнения S_e и перекрывается впускное отверстие (происходит отсечка воздуха), впускное отверстие еще закрыто, происходит расширение воздуха до тех пор, пока не откроется выпускное отверстие, ход встряхивающего поршня при этом составит величина $S_0 + S_r$. Стол с опокой поднимается на максимальную величину S .

Затем открывается выхлоп «в», поршень падает вниз, закрывается выхлопное отверстие и через некоторое время открывается впускное отверстие, происходит удар стола о корпус цилиндра.

После многократного срабатывания встряхивающего цилиндра, работа его прекращается. Поворачивается траверса с прессовой колодкой на рабочую позицию над столом. Воздух подается под прессовый поршень 2 (отверстие «г») и происходит доуплотнение верхних слоев формы прессованием. Стол возвращается в исходную позицию.

Затем механизм 4 поднимается вверх и снимает опоку с модельной плиты, поднимая опоку вверх. Готовая полуформа снимается вручную, а механизм протяжки возвращается в исходное положение.

16 а, б – отверстия для впуска воздуха под встряхивающий механизм; в



– отверстие для выпуска воздуха из встряхивающего механизма; г – отверстие для впуска воздуха под прессовый поршень

Рисунок 3 - Схема прессово - встряхивающей машины.

При проектировании пневматического встряхивающего цилиндра основной целью является выбор оптимальных конструктивных параметров, обеспечивающих наибольшую эффективность механизма. К таким параметрам относятся: площадь встряхивающего поршня F_n , высота подъема рабочего стола S , элементы воздухораспределения S_e , S_r , расход сжатого

воздуха на один удар встряхивания V , сечения впускных отверстий $f_{вп}$, $f_{вып}$.

Эффективность встряхивающего механизма может быть оценена его производительностью, т.е. отдачей каждого кубического метра израсходованного воздуха и превращением его в полезную работу уплотнения смеси.

Выбор и анализ вариантов конструктивных решений встряхивающего механизма удобнее всего проводить путем построения индикаторных диаграмм, являющихся изображением процессов, которые должны протекать в цилиндре машин.

Индикаторная диаграмма, полученная по методу приближенного построения по опытным данным, разработана Н.П. Аксеновым применительно к условиям встряхивающего механизма с отсечкой и расширением воздуха (рисунок 4) в координатах $P-S$, т.е. рассмотрен процесс изменения давления в механизме относительно площади поршня, где S – высотные параметры механизма (рисунок 4).

Описание диаграммы

Точка 1 диаграммы соответствует окончанию заполнения воздухом объема вредного пространства V_0 , кубический метр в цилиндре. Ордината точки 1 – S_1 соответствует приведенной высоте вредного пространства S_0 , м:

$$S_1 = S_0 = V_0 / F_n,$$

где F_n – площадь поршня, m^2 .

Для машины с поршневым воздухораспределением S_0 обычно принимают $(0,07 \dots 1,0)S$, где S – полный ход поршня.

Давление воздуха на поршень должно преодолеть суммарную силу тяжести поднимаемых частей машины с полезной нагрузкой $Q_{общ}$, кг:

$$Q_{общ} = Q_1 + Q_2 + Q_3,$$

где Q_1 – масса оснастки, $Q_1 = (a \times b \times h) \gamma_m$, кг;

a, b, h – габариты опоки;

γ_m – плотность металла опоки;

Q_2 – масса смеси, кг, $Q_2 = (a \times b \times h) \gamma_c$, кг;

γ_c – удельный вес смеси, kg/m^3 ;

Q_3 – масса поднимаемых частей машины; принимаем

$$Q_3 = 0,25(Q_1 + Q_2).$$

Тогда давление воздуха на поршень перед началом его подъема должно составлять P_1 , Па:

$$P_1 = ((Q_{общ} + R) / F_n),$$

где R – сила трения поршня о стенки цилиндра, $R = 0,25 Q_{общ}$.

Точка 2 диаграммы соответствует моменту закрытия впускного отверстия, т.е. концу наполнения цилиндра воздухом и началу расширения воздуха. Давление воздуха P_2 должно быть меньше или равно P_0 (давление сжатого воздуха в сети) и составит:

$$P_2 = P_1 + (0, 5, 1, 0).$$

Ордината точки 2. $S_2=S_0+S_e$,

где S_e – длина хода поршня, при которой цилиндр наполняется сжатым воздухом, $S_e = (0,4 \dots 0,5) S$.

На участке 1-2 диаграммы линия будет иметь параболический вид, так как скорость поршня в период наполнения возрастает.

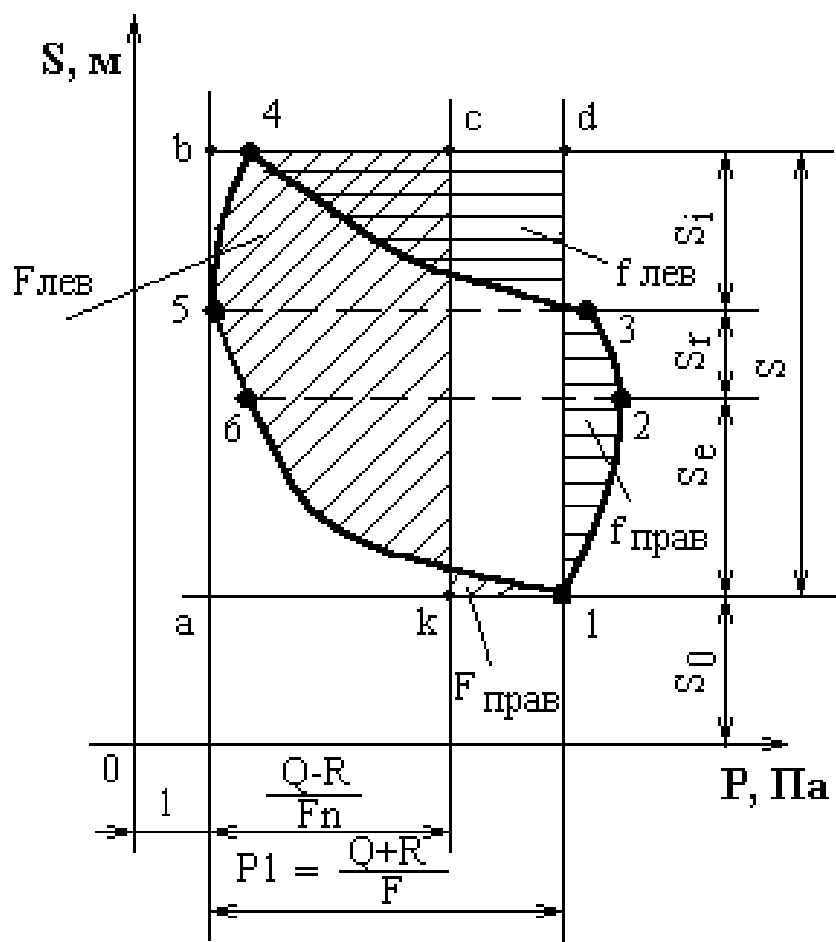


Рисунок 4 - Индикаторная диаграмма встряхивающего цилиндра с отсечкой и расширением воздуха

Точка 3 диаграммы соответствует моменту открытия впускного отверстия. На участке 2-3 происходит расширение воздуха. Степень расширения во встряхивающих машинах обычно небольшая. Путь расширения S_r большей частью составляет (0,2 - 0,4) S_e пути заполнения. Давление воздуха в точке 3:

$$P_3 = P_2((S_0 + S_e)/(S_0 + S_e + S_r))^k$$

Вследствие быстротечности процесса принимаем, что изменения с о-

стояния воздуха будет адиабатическим, где $\kappa=1,41$ - показатель адиабаты. Ордината точки 3. $S_3 = S_0 + S_e + S_r$.

На участке диаграммы 3-4 при открытом выпускном отверстии и отсутствии притока воздуха из сети поршень продолжает двигаться вверх за счет сил инерции. Путь, который проходит поршень по инерции

$$S_i = S - (S_e + S_r) = (0,6 \dots 0,7)S.$$

Точка 4 диаграммы соответствует моменту, когда поршень, используя весь запас сообщенной ему энергии, останавливается и начинает падать. Давление в точке 4 принимается:

$$P_4 \cong 1,2 * 10^2$$

$$P_4 \leq (1 + (Q-R)/F_n) * 10^5.$$

Ордината точки 4. $S_4 = S_0 + S_e + S_r + S_i$.

Точка 5 диаграммы соответствует моменту закрытия выпускного отверстия при движении поршня вниз. Давление воздуха обычно не превышает

$$P_5 = (1 + (0,1 \dots 0,15)) * 10^5.$$

Положение поршня соответствует ординате $S_5 = S_3 = S_0 + S_e + S_r$.

Точка 6 диаграммы, соответствует моменту в который открывается впускное отверстие и цилиндр начинает наполняться сжатым воздухом. На участке 5-6 воздух в цилиндре сжимается, причем давление его в этот момент может быть определено так же, как и для точки 3:

$$P_6 = P_5 ((S_0 + S_e + S_r) / (S_0 + S_e))^{\kappa}.$$

$$S_6 = S_0 + S_e.$$

На участке 6-1 диаграммы цилиндр наполняется воздухом, давление на поршень растет и по достижении им значения P_1 начинает подниматься. Описанный цикл повторяется.

Расчет встряхивающего цилиндра свести в таблицу 3.

Таблица 3 - Расчет встряхивающего механизма

Параметр	Координаты точки/формула	Расчет
1	2	3
Точка 1 S_1 см; P_1 г/см ²	$S_1 = V_0 / F_n$, где $S_0 = S = 5,0$ см, $V_0 = F_n S_0$; $F_n = \pi D_n^2 / 4$; $D_n = 15,0$ см; $P_1 = 1 + ((Q_{общ} + R) / F_n)$, где- $Q_{общ}$ и R – см. лаб. раб.1	
Точка 2 S_2 см; P_2 г/см ²	$S_2 = S_0 + S_e$; где- $S_e = 0,5 S$; $P_2 = P_1 + 0,5$	
Точка 3	$S_3 = S_0 + S_e + S_r$,	

S_3 см; P_3 г/см ²	где - $S_r=0,3S_e$; $P_3=P_2((S_0+S_e)/(S_0+S_e+S_r))^k$; где - $K=1,41$	
Точка 4 S_4 см; P_4 г/см ²	$S_4=S_0+S_e+S_r+S_i$, $S_i=S-(S_e-S_r)$, м $P_4=1+(Q-R)/F_n$	
Точка 5 S_5 см; P_5 г/см ²	$S_5=S_3=S_0+S_e+S_r$, м; $P_5=1+0,1$	
Точка 6 S_6 см; P_6 г/см ²	$S_6=S_0+S_e$; $P_6=P_5((S_0+S_e+S_r)/(S_0+S_e))^k$	
Расход воздуха за 1 удар, см ³	$V=F_n(S_0+S_e+S_r)(P_3-P_5) \cdot 10^{-2}$	
Производительность 1м³ воздуха – показатель экономичности работы	$e_v = e F_n / V$, где e – энергия удара, отнесенная к единице площади поршня, $e = 250 \cdot 10^2$ Дж/м ³	
Площадь сечения впуска	$F_{вп} = V_{1-2} / v_{вп} t_{вп}$, где $V_{1-2} = F_n(S_0+S_e)(P_2-1)$; $v_{вп}$ – скорость прохода воздуха через впускное отверстие, $v_{вп}=20$ м/с; $t_{вп}$ – время впуска, $t_{вп}=S_e / v_{п}$, $v_{п}$ – средняя скорость подъема поршня, $v_{п} = 0,5$ м/с	
Продолжение таблицы 3		
1	2	3
Площадь сечения выпуска	$F_{вып} = V_{3-4} / v_{вып} t_{вып}$, где $v_{вып}=10$ м/с, – скорость выпуска, $t_{вып} = t_{вп}$	

По расчетным данным построить диаграмму.

Расчет затраченной энергии

Энергия, сообщаемая поршню, при падении встряхивающего стола и его подъеме может быть определена путем анализа индикаторной диаграммы. Так, при движении стола вниз вся энергия, сообщаемая поршню, или работа движущих сил, отнесенная к единице площади поршня, Дж/м^2 ,

$$A_{\text{дв}} = ((Q-R)/F_n)S,$$

выражается площадью а-в-с-к на индикаторной диаграмме (см. рисунок 4)

Работа сил сопротивления при этом равна работе сжатого воздуха, находящегося под поршнем и оказывающего определенное противодействие. Эта работа выражается площадью 1-6-5-4-в-а.

Энергия удара представляет разность указанных площадей, т.е.:

$$e = (a-b-c-k) - (1-6-5-4-в-а) = F_{\text{лев}} - F_{\text{прав}}.$$

Измерив на диаграмме или рассчитав по диаграмме площади получим энергию удара.

При движении стола вверх работа движущих сил равна работе сжатого воздуха и работе отражения стола e' после предшествующего удара. Работа сил сопротивления при этом, Дж/м^2 :

$$A_{\text{сопр}} = ((Q+R)/F_n)S$$

и выражается площадью а-в-d-1. Работа же движущих сил выражается площадью 1-2-3-4-в-а-1 на индикаторной диаграмме. Тогда энергия отражения стола e^1 представляет разность этих площадей:

$$e^1 = (a-b-d-1) - (1-2-3-4-в-а-1) = f_{\text{лев}} - f_{\text{прав}}.$$

В заключение разбора индикаторной диаграммы встряхивающего цилиндра с отсечкой и расширением воздуха необходимо рассмотреть влияние на нее главных факторов: элементов воздухораспределения, давления воздуха, нагрузки.

Величина наполнения Se влияет на диаграмму следующим образом. При увеличении Se увеличивается площадь $f_{\text{прав}}$, следовательно, увеличивается связанная с ней площадь $f_{\text{лев}}$, а также путь S_r и S_i . В результате увеличивается высота подъема S встряхивающего поршня. При увеличенном S_i выхлоп будет более глубоким и энергия удара, как правило, увеличится. При уменьшении Se наблюдается обратная зависимость.

Влияние объема вредного пространства сводится к следующему: вредное пространство увеличивает расход сжатого воздуха, т.к. при впуске воздуха в цилиндр оно также каждый раз наполняется. Однако при слишком малом S_0 по сравнению с ходом поршня S давление в цилиндре на участке хода вниз 4-1 стало бы повышаться слишком резко. Площадь $F_{\text{лев}}$ от этого уменьшилась, а площадь $F_{\text{прав}}$ увеличилась. Величина энергии удара в результате стала бы меньше.

О влиянии давления воздуха в сети следует сказать, что при понижении этого давления уменьшается давление в т. 2 диаграммы. Площадь $f_{\text{прав}}$ становится меньше, высота подъема встряхивающего стола и энергия удара

ра уменьшаются и, наконец, при малом давлении воздуха машина перестает работать.

Повышение же давления в сети увеличивает высоту подъема стола и энергию удара.

Нагрузка, сила трения и площадь встряхивающего поршня тоже влияют на диаграмму. Если величину $(Q+R)/F_n$ увеличить, то площадь $f_{\text{прав}}$ уменьшится и вызовет уменьшения высоты встряхивания и энергии удара. Уменьшение указанной величины будет оказывать обратное влияние.

Ход работы

- 1 Изучить устройство встряхивающей машины.
- 2 Произвести замеры (А, В, Н) : модельной плиты , опоки, наполнительной рамки. Вычислить массу опоки $Q_{\text{оп}}$, $Q_{\text{см}}$, площадь встряхивающего поршня F_n , объем вредного пространства V_0 .
- 3 Установить на стол машины оснастку и произвести уплотнение смеси.
- 4 По полученным данным произвести расчеты, (см. таблица.2).
- 5 По расчетным параметрам построить индикаторную диаграмму и схему машины.
- 6 Провести анализ индикаторной диаграммы, сравнив полученную энергию с теоретической.
- 7 Дать рекомендации по увеличению энергии удара и отражения, уменьшению расхода сжатого воздуха.
- 8 Произвести расчеты на ПЭВМ (программа FORMOVKA).

Контрольные вопросы

- 1 Объяснить работу встряхивающего механизма по схеме и индикаторной диаграмме.
- 2 По каким параметрам судят о совершенстве машины?
- 3 Объяснить по диаграмме влияние расхода наполнения, хода расширения на изменение энергии удара и отражения.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 3

Анализ работы стержневой машины и определение конструктивных параметров пескострельного механизма

Цель работы - изучить конструкцию, принцип работы пескострельной машины и определить влияние изменения массы стержня на конструктивные параметры головки.

Общие указания

При уплотнении смеси пескодувным способом стержневая смесь транспортируется воздухом в стержневой ящик и, заполняя его, уплотняется. Освободившийся воздух удаляется через вентили.

По принципу работы стержневые машины делятся на пескодувные когда стержни изготавливаются при интенсивном смешивании воздуха со смесью, и пескострельные - когда смесь, предварительно засыпанная в гильзу, выбрасывается в стержневой ящик мгновенно при максимальном давлении воздуха.

Для пескодувно-пескострельного способа уплотнения важное значение имеет способ вентиляции воздуха через стержневой ящик. Различается *верхняя вентиляция* (когда вентиль располагается по разьему и в верхней части ящика) и *нижняя вентиляция* (когда вентили находятся внизу стержневого ящика). Для равномерного уплотнения совмещается и верхняя и нижняя вентиляция.

Устройство пескодувной стержневой машины показано на схеме (риунок 5). Рабочий процесс изготовления стержней на пескодувно-пескострельных машинах состоит в перемещении действием сжатого воздуха стержневой смеси из рабочего резервуара машины в стержневой ящик, в уплотнении этой смеси в ящике и формировании в нем стержня.

Процесс осуществляется следующим образом, (рис.6). Из бункера 8, размещенного над машиной, стержневая смесь предварительно подается питателем в пескодувный резервуар 3 (в гильзу). Питатель 7 установлен на траверсе на специальной опоре-ресивере и снабжен вибратором, при включении которого смесь поступает в рабочую полость пескодувного резервуара 4. После этого шибер 6, приводимый в движение пневмоцилиндром, перекрывает верхнее впускное отверстие рабочего резервуара, герметизируя его. Рабочий стол машины с установленным на нем стержневым ящиком 2, поднимаясь, прижимает ящик к надувной плите 9. Открывается клапан дутья 5. Сжатый воздух из ресивера устремляется в рабочий резервуар 4 через вертикальные и горизонтальные прорези в стенках гильзы 3, вставленной в резервуар (корпус) 4, и воздействует на находящуюся в нем смесь.

Давление в потоках фильтрующегося сквозь смесь воздуха, в разных местах внутри резервуара неодинаково, что приводит к возникновению нестационарного силового поля, обуславливающего истечение смеси из резервуара в ящик через одно или несколько выпускных отверстий в насадке 9 (надувной плите). Истечение начинается в тот момент, когда напряжения в слоях смеси, расположенных у выходного отверстия, становятся больше сил сцепления между частицами.

Процесс формирования стержня можно рассматривать состоящим из двух этапов: 1) заполнение стержневого ящика с предварительным уплотнением смеси за счет кинетической энергии струи и перепада давлений, 2) уплотнение смеси за счет выдавливания прессующего кома из насадки в стержневой ящик, которое происходит под действием разности давления

воздуха в рабочем резервуаре и ящике.

На первом этапе пескодувный резервуар по существу играет роль питателя. Смесь поступает в стержневой ящик в виде рыхлой, почти неплотной смеси. На втором этапе происходит выдавливание дополнительной порции смеси из выходного отверстия резервуара в предварительно заполненный стержневой ящик. Смесь, поступающая в ящик, принимает форму кома, прессующего как нижележащие, так и боковые слои. Если в резервуаре имеется несколько выходных отверстий, то из каждого выдавливается отдельный прессующий ком, причем, комья, выходящие из близко расположенных отверстий, могут сливаться.

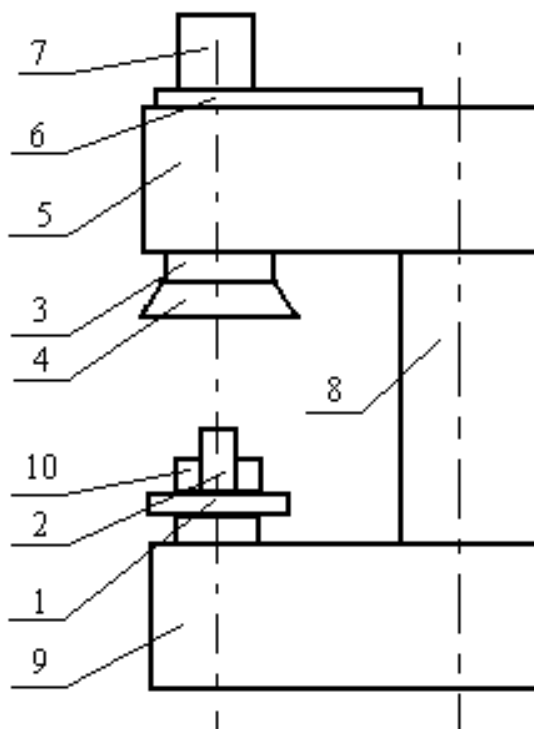
Выбор основных параметров

Расчет рабочих резервуаров пескострельных машин состоит в определении таких значений основных конструктивных параметров, которые обеспечивают непрерывное питание ящика стержневой смесью и создают условия, наиболее благоприятные для образования прессующего кома и уплотнения смеси в ящике.

Помимо этого при проектировании пескодувной машины подлежат расчету элементы ее конструкции.

При проектировании пескодувных машин исходными параметрами являются наибольший объем стержня и рабочая емкость пескодувного резервуара.

Размеры надувной плиты, расстояние от рабочего стола до надувной плиты машины, продолжительность цикла регламентируются ГОСТ 8907 - 81.



1 – прижимной стол; 2 – стержневой ящик; 3 – пескострельная головка

с насадкой; 4 – траверса, в которой находится пескострельная головка с клапаном дутья; 5 – шибер; 6 – лоток; 7 – колонна, в которой находится ресивер; 8 – станина с воздухом с-пределителем; 9 – пневмоприжимы

сунок 5 Схема общего вида пескострельной машины

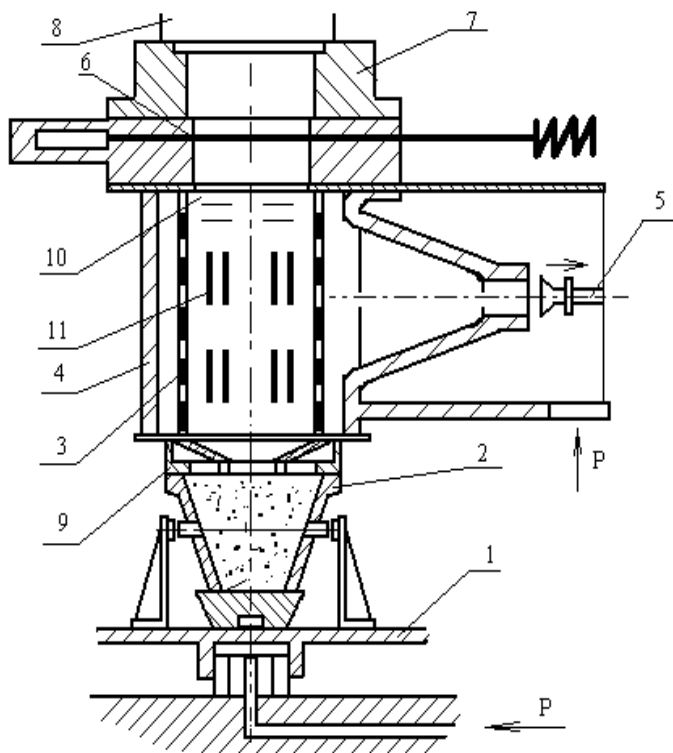


Рисунок 6 Схема работы пескострельного механизма

Кроме перечисленных параметров определяют также диаметр D и высоту H гильзы, площадь проходного сечения вдувного клапана $F_{\text{кл}}$, суммарную площадь прорези в гильзе $F_{\text{г}}$, площадь сечения выходного отверстия $F_{\text{вых}}$, суммарную площадь сечения вентиляционных отверстий $F_{\text{вент}}$, емкость ресивера V_0 , необходимое усилие прижима ящика P . Значения этих параметров находят по эмпирическим формулам (таблица 4).

Таблица 4 - Расчет встряхивающего механизма

Наименование параметров	Расчетные формулы	Расчет
1	2	3
1 Диаметр гильзы, мм	$D=90..100 \sqrt[3]{G}$, где G – масса стержня, кг, рассчитать по стержневому ящику	
2 Высота гильзы, мм: верхней (горизонтальные щели) нижней (вертикальные щели)	$H=H_B+H_H$ $H_B=(0,4..0,5)D$ $H_H=(1,5..1,8)D$	
3 Диаметр проходного отверстия клапана дутья, мм	$d_{кл}=(0,2..0,5)D$	
4 Суммарная площадь клапана дутья, мм ²	$F_{кл}=\pi d_{кл}^2/4$	
5 Суммарное сечение прорезей, мм: верхней части гильзы нижней части гильзы	$F_B=(0,3..0,4) F_{кл}$ $F_H=(2..4) F_B$	
6 Ширина прорезей, мм: верхней части гильзы нижней части гильзы	$B_B=0,3..1$ мм $B_H=0,3..0,5$ мм	
7 Диаметр выходного (вдувного) отверстия гильзы, мм	$d_{вых}=(0,3..0,4)D$	
8 Суммарное сечение выходного сечения гильзы в надувной плите, мм ²	$F_{вых}=\pi d_{вых}^2/4$ $F_{вент}=0,5 F_{вых}$	
9 Объем гильзы, мм ³	$V_r=\pi D^2/4 (H_B+H_H)$	

Продолжение таблицы 4

1	2	3
10 Объем ресивера, мм ³	$V_p=V_r(\ln(1/\varphi)/(1,032+0,03D))^{3,7}$, где $\varphi = 0,03..0,05$, чем больше гильза, тем меньше ресивер	
11- Диаметр цилиндра прижимного стола,	$D_{пр}=\sqrt{4P_{пр}/\pi P_0}$, где $P_0=5$ кг/см ² – давл-	

мм	ление сжатого воздуха в магистрали (раб о- чее)	
12 Усилие прижима стержневого ящика к надувной плите, кг	$P=0,5P_0 F_{\text{ящ}}$, где $F_{\text{ящ}}$ – площадь ящика в плане	

Ход работы

- 1 Изучить конструкцию пескострельной машины.
- 2 Измерить габариты стержневого ящика**
- 3 Произвести необходимые расчеты.**
- 4 Нанести расчетные параметры гильзы на схему.
- 5 Объяснения влияния габаритов стержня на конструктивные пар а- метры, высоты гильзы, диаметров клапана дутья, размеры прорезей дать в выводах к работе.

Контрольные вопросы

- 1 Рассказать об особенностях конструкции пескострельной машины и ее основного уплотняющего механизма– пескострельной головке.
- 2 Как влияют конструктивные параметры головки на плотность стер ж- ня?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 4

Анализ работы и выбор конструктивных параметров импульсной г о- ловки по практическим данным.

Цель работы — изуч ить конструкцию импульсной головки; на у- читься рассчитывать конструктивные параметры импульсной головки и определять зависимость рабочего давления от габаритов опоки.

Общие указания

Импульсный способ уплотнения форм – прогрессивный способ фо р- мообразования, обеспечивающий высокую степень и равномерное уплот- нение, стабильно повторяющееся по высоте и площади формы.

Импульсный способ формовки основан на кратковременном возде й- ствии (0,01с) воздушной среды на засыпанную в опоку смесь посредством впуска в замкну тую полость над смесью небольшого объема сжатого во з- духа, заключенного в ресивере импульсной головки при давлении 5 -10 МПа и фильтрации этого воздуха сквозь смесь.

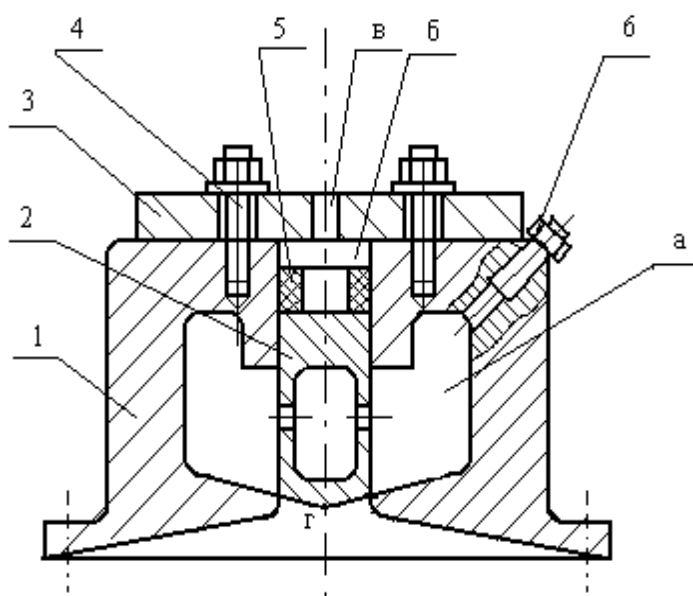
Схема импульсной головки представлена на рисунке 7.

Работа импульсной головки.

Воздух под давлением до 10 МПа подается в полость *а* ресивера и полость *б* запирающую полость. Запирающая полость удерживает клапан 2 от преждевременного самопроизвольного срабатывания, поэтому давление в ресивере и запирающей полости изменяется одновременно.

По достижении заданного давления воздух из полости *б* через выпускное отверстие *в* стравливается, наступает перепад давлений в полостях *а* и *б*, что приводит к резкому поднятию клапана и открытию выпускного отверстия *г*. Воздух устремляется (из-за перепада давлений в полостях *а* и *г*) через выпускное отверстие и рассекатель в опоку, в которой предварительно засыпана формовочная смесь, фильтруется сквозь смесь, уплотняя ее, и выбрасывается через вентили в модельной плите в сборник отработанного воздуха.

- Основными конструктивными параметрами импульсной головки являются диаметр выпускного отверстия D_v ,
- объем ресивера V_p ,
- ход клапана $H_{кл}$,
- выносливость P_p
- площадь сечения отверстий рассекателя $F_{отв.рас.}$
- рабочее давление для проверки толщины стенок корпуса на



1 – корпус, 2 – клапан, 3 – крышка, 4 – болт,
5 – прокладка, 6 – штуцер

Рисунок 7 Схема импульсной головки высокого давления

Ход выполнения работы

1 Замерить габариты опоки по габаритам импульсной головки, определить объем опоки $V_{оп}$, считая высоту опоки вместе с наполнительной рамкой 700мм.

2 Расчет основных параметров головки и давления провести по рекомендациям Г. Орлова, и Г. Гейдебрехова:

2.1 Найти объем ресивера из соотношения объема ресивера V_p с объемом опоки $V_{оп}$: если уплотнение формы проводится высоким давлением, $V_p/V_{оп} = 0,6$, если низким - то $V_p/V_{оп} = 2$.

2.2 Диаметр выпускного отверстия $D_v = \sqrt[3]{4V_p / \pi}$.

2.3 Ход поршня клапана $H_{кл} = 0,25 D_v$

2.4 Площадь сечения отверстий рассекателя

$$F_{отв.рас.} = \pi D_v^2 / 4$$

2.5. Расчет рабочего давления P_p

Величина рабочего давления в импульсной головке является очень важным фактором, определяющим весь процесс уплотнения. Правильный выбор оптимальной величины исходного давления способствует получению технологически необходимой степени уплотнения, уменьшению расхода воздуха на $1м^2$ опоки и уменьшению давления на оснастку.

Суть расчета заключается в том, что уплотнение воздухом высокого давления рассматриваем как скоростное прессование, при котором уплотнение происходит в результате удара воздушного потока и избыточного давления, возникающего над смесью. При этом сумма всех сжимающих сил, возникающих в процессе импульсного уплотнения и действующих на свободную поверхность формы, выражается уравнением

$$P_{cp} \geq P_i + P_v + P_y + P_{\phi}$$

По среднему индикаторному давлению P_{cp} определяем необходимое давление воздуха в индикаторной головке $P_{и.г.} = P_p$, предполагая, что расширение воздуха над свободной поверхностью опоки идет без теплообмена, т.е. процесс адиабатический, таким образом

$$P_p = P_{и.г.} = P_{ср}((1-K)((V_v/V_{гол})-1)/((V_v/V_{гол})^{1-K}-1)),$$

где K – показатель адиабаты, $K = 1,401$,

V_v – объем, занимаемый воздухом после уплотнения смеси;

$V_{гол}$ – объем воздуха в импульсной головке (ресивере) , в настоящее время наилучшим условием работы импульсных головок является соотношение

$$V_v/V_{гол} = 8.$$

$P_{ср}$ – сумма всех сжимающих сил, возникающих в процессе импульсного уплотнения и действующих на свободную поверхность формы .

3 Составляющие $P_{ср}$ определяем следующим образом.

Если рассмотреть элементарный слой смеси, на который действует давление воздуха, то можно (с определенной степенью допущений) найти подобие действия сил на элементарный слой в случае одного удара при встряхивании, что описывается уравнением П.Н.Аксенова, т.е. в основе уравнения уплотнения /как и прессования/ – величина ускорения и степень уплотнения при импульсном прессовании по величине будут равным ускорению и плотности, получаемым при действии одного удара при встряхивании:

$$F_0 P_i - \xi P_i f U d_y + F \delta_0 d_y + (F \delta_0 / q) j d_y = 0,$$

где U – периметр опоки, см;

F – площадь опоки, см²;

P_i – мгновенное давление в момент удара в элементарном объеме (Па), кг/см²;

ξ – коэффициент бокового давления, $\xi = 0,45$;

f – коэффициент трения формовочной смеси о стенки опоки, $f = 0,65$,

δ_0 – плотность смеси до удара, $\delta_0 = 1,15$ г/см³;

j – ускорение инерции, которое действует в момент удара в слое y , $j = 180$ м/с²;

q – ускорение силы тяжести, $q = 10$ м/с².

Решая указанное уравнение относительно глубины элементарного участка y , получим выражение для y , затем из него определим давление в момент удара (импульса) P_i :

$$P_i = (F \delta_0 / U \xi f)(j / q + 1)(1 - e^{-(U/F) \xi f y_p}),$$

где e – основание натурального логарифма, .

$y_p = H + h$, где H – высота опоки, см;

h – высота наполнительной рамки.

4 Чтобы перейти от напряженной части объема внизу формы P_i к сжи-

мающим усилиям в верхней части этого объема P_v , учитываем внешнее трение о стенки опоки и модели:

$$P_v = \sigma_i e (H_m f \xi U / F),$$

где H_m – высота модели, $H_m = 0,65 H_{\text{опоки}}$, см;

σ_i – величина сжимающих усилий, связанная с тем, что внешняя нагрузка, действующая на свободную поверхность, не сжимается в течение всего периода уплотнения, а в слое смеси на глубине возникают дополнительные сжимающие силы, под действием которых смесь уплотняется от δ_0 до δ_k , т.е. технологически необходимой плотности:

$$\sigma_i = P_i ((\delta_{\max}/\delta_{\text{ч}} - 1)^2 / (\delta_{\max}/\delta_k - 1)^2),$$

где δ_{\max} – плотность смеси при максимальном уплотнении,

$$\delta_{\max} = 2,0 \text{ г/см}^3;$$

$\delta_{\text{ч}}$ – плотность смеси, частично уплотненной в момент удара,

$$\delta_{\text{ч}} = 1,499 \text{ г/см}^3;$$

δ_k – технологически необходимая плотность формы, $\delta_k = 1,7 \text{ г/см}^3$,
 c – коэффициент уплотняемости, $c = 0,4..0,5$.

5 В процессе импульсного прессования воздух, находящийся в порах неуплотненной смеси, сжимается. При сжатии структурно-свободного воздуха появляются силы, которые оказывают сопротивление внешней нагрузке. Увеличение давления P_y определим по формуле

$$P_y = P_n (V_n/V_y),$$

где P_n – давление структурно-свободного воздуха в неуплотненной смеси,

$$P_n = 1 \text{ г/см}^2;$$

V_n – объем пор в единице веса неуплотненной смеси,

$$V_n = 484 \text{ см}^3/\text{г};$$

V_y – объем пор в единице веса уплотненной смеси,

$$V_y = 222 \text{ см}^3/\text{г};$$

6 Противодействие или гидравлическое сопротивление слоя толщиной фильтрации воздушного потока можно определить из выражения для газопроницаемости

$$P_{\phi} = V_{\phi} y / K_{\Gamma},$$

где U_{ϕ} - скорость фильтрации воздуха, $V_{\phi} = 6 \cdot 10^3$ см/мин;

K_{Γ} - газопроницаемость формы, $K_{\Gamma} = 105 \cdot 10^3$ см³/ (кг·мин);

$$y = H_{\text{опроки}} \cdot h_{\text{наполнит.рамки}}$$

U - толщина фильтрационного слоя

Для проведения расчетов все параметры перевести в единую систему измерения. Вычисленные параметры головки нанести на схему головки.

Провести расчет конструктивных параметров головки на ПЭВМ (программа IMPULS)

Контрольные вопросы

- 1 Сущность импульсного способа уплотнения.
- 2 Основные конструктивные параметры головки.
- 3 Как рассчитать необходимое давление в головке для уплотнения форм определенных габаритов?
- 4 Объяснить действие головки.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 8

Исследование методов зачистки литья шлифовальными кругами и расчет шлифооборудования по практическим данным

Цель работы – исследовать зависимость марки шлифовального круга, количества оборотов круга, режима шлифования от материала и конфигурации отливки; рассчитать мощность привода станка.

Общие указания.

Зачистка литья абразивными (шлифовальными) кругами является наиболее распространенным методом удаления заусенцев, заливов, порокосов, неровностей отливки.

Шлифовальный круг состоит из зерен абразивного материала, соединенных при помощи связующего вещества. Основными показателями качества абразивного материала являются твердость, форма зерен, степень вязкости и теплоустойчивость.

В качестве абразивных материалов чаще всего применяются эле к-

трокорунд (Al_2O_3) и карборунд (SiC). Электрокорунд уступает по твердости карборунду, но зато обладает большей вязкостью. Обычно ими обрабатывают сталь, ковкий чугун, наиболее вязкие сорта бронзы и некоторые алюминиевые сплавы. Карборунд применяется для обработки материалов, обладающих низким сопротивлением разрыву, а также хрупких материалов – серого и ковкого чугуна, латуни и др.

Качеством связки определяется твердость (прочность) круга и режим работы. Связка должна быть достаточно прочной, чтобы выдерживать напряжение от центробежной силы и давления во время шлифования, удерживать зерна, пока они острые и давать возможность выпадать им при потере режущей способности.

Применяемые при обработке литья абразивные круги изготавливаются на керамических (К), бакелитовых (Б) и вулканитовых (В) связках. Круги на керамической связке допускают окружную скорость 30 – 50 м/с, на бакелитовой – до 40 м/с и на вулканитовой – до 50 м/с. В последнее время применяются круги на новых синтетических связках, обладающих высокой эластичностью и допускающих окружные скорости до 100 м/с и более.

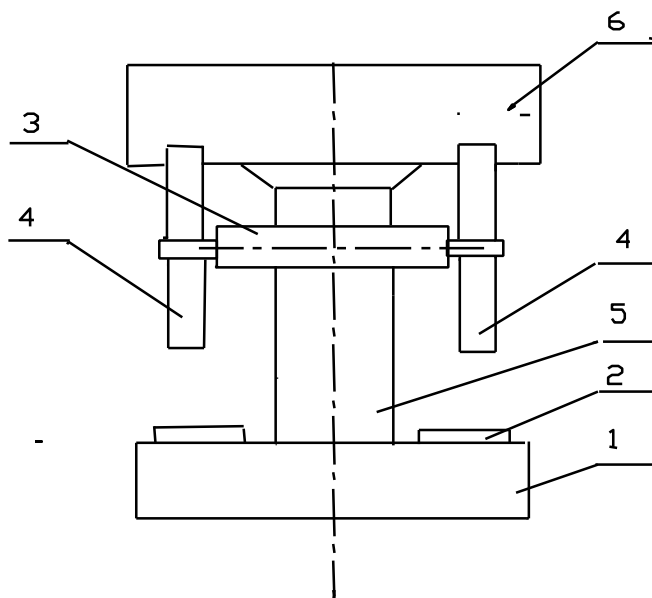
Режим шлифования – скорость и глубина резания – выбираются из условия самозатачивания круга. Чем больше окружная скорость круга, тем меньше длительность соприкосновения абразивного зерна с металлом и тем меньшей может быть твердость круга, так как зерна его не так быстро будут тупиться.

Для обозначения твердости кругов разработана шкала из восьми классов: ЧТ – чрезвычайно твердый, ВТ – весьма твердый, Т – твердый, СТ – среднетвердый, С – средний, СМ – среднемягкий, ВМ – весьма мягкий, ЧМ – чрезвычайно мягкий.

Обдирочные работы выполняются кругами средней и среднетвердой (выше средней) твердости.

Для абразивной зачистки литья применяется следующее оборудование: механизированный ручной инструмент, станки обычные, автоматизированные станки и автоматические линии.

Обычные станки для абразивной зачистки могут быть стационарными и подвесными. Станок модели 3М – 636 с индивидуальным приводом (рис 12) имеет массивную чугунную станину 1 со столиками для отливок 2 и шпинделем 3 с двумя кругами 4 по концам, защитными кожухами 6 и приводом 5. Чтобы при износе кругов можно было сохранять в пределах норм их окружные скорости, на рабочем валу имеется ступенчатый шкив. Направление вращения должно быть таким, чтобы отливки трением круга прижимались вниз к столу.



- 1- станина; 2 столик для отливок; 3 – шпиндель;
4 шлифовальный круг; 5 привод; 6 - кожух

Рисунок 12 – Стационарный зачистной станок

На станках подобной конфигурации обрабатывают мелкие отливки весом до 30 кг, которые можно удерживать в руках. Производительность таких станков 0.1 -0.3 т/ч. При выборе шлифовального оборудования необходимо правильно назначить марку шлифовального круга в соответствии с материалом отливки, число оборотов круга, произвести расчет мощности привода станка.

Порядок выполнения работы

- 1 Изучить конструкцию станка.
 - 2 По выданным заготовкам назначить марку шлифовального круга, объяснить, почему назначена такая марка круга, установить круг на станок и произвести зачистку необходимых мест на отливке.
 - 3 Произвести расчет мощности привода.
- Эффективная мощность при шлифовании определяется по формулам:
при шлифовании периферией круга –

$$N=C_N V_u^r t^x S^y d^q ;$$

при шлифовании торцом круга –

$$N_e = C_N V_u^r B^z t^x ;$$

где V_u – скорость вращения круга;

t – глубина шлифования ; S – продольная подача (в долях ширины круга)

.Для предварительного шлифования V_u находить по табл.9 $t = 0,015 - 0,04$ мм,

$S = 0,4 - 0,7$ долей ширины шлифовального круга .

Числовые значения коэффициентов C_N, r, x, y, z, q определяются по таблице 10.

4 Определить коэффициент использования мощности привода станка и сравнить его с рекомендуемым .По этим параметрам сделать вывод .

Для проведения работ воспользоваться таблицами 9 и 10.

Таблица. 9 - Рабочие окружные скорости абразивного круга (ГОСТ 4785 –83)

Абразивный инструмент		Вид подачи абразивного инструмента	Окружная скорость V_u , м/с		
Наименование	Обозначение формы		для инструмента на связке		
			К	Б	В
1	2	3	4	5	6
Плоские прямого профиля	ПП	Ручная	30	40	35
		Механизированная	35		
Круги - диски	Д	Ручная или Механизированная	-	50	50
Круги - тарелки	1Т , 3Т	Ручная	25	30	-
Плоские прямого профиля: -для обдирочно-шлифовальных операций -для внешнего круглого шлифования , круги диаметром от 300 до 750 мм, высотой до 75 мм -для внутреннего круглого шлифования	ПП	Ручная	50	50	-
	ПП	Механическая	50	50	42
	ПП		50		

круги диаметром до 90 мм , высотой до 50 мм					
---	--	--	--	--	--

Таблица 10 - Значение коэффициентов и показателей степени в формах для расчета мощности при шлифовании

Характер шлифования	Материал заготовки	Шлифовальный круг				C_N	σ	k	y	z	g
		Абразив материал	Связка	Зерн.	Тверд						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Круглое наружное	Сталь не закал . и закал .	Электрокорунд (ЭК)	Керамич (Ке)	36	CM2	1,3					
				46	CM1	1,2	0,75	0,75	0,7		
				46	CM2	1,4					
Врезное				36	C1	0,14	0,8	0,8		1,0	0,2
Круглое внутреннее	Сталь не закал .	ЭК	Ке	36 46	CM1 C1	0,2 0,27	0,5	0,4	0,4		0,3
	Чугун	Карбид Кремния (КК)	Ке	46	CM1	0,81	0,55	1,0	0,7		0,3
Плоское перифер. круга	Сталь не закал.	ЭК	Ке	36	CT1	0,68					
				36	C1	0,59	1,0	0,8	0,8		
				36	CM2	0,52					

Продолжение таблицы 10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Плоское торцом круга	Сталь не закал .	ЭК	Б	16	M2	0,17					
				16	C1	0,39	0,7	0,5		0,6	
				16	CT1	0,59					
	Сталь не закал	ЭК	Ке	36	CM2	2,01					
				36	M3	1,31	0,5	0,5		0,6	
				24	M1	1,81					
	Чугун	ЭК	Ке	36	CM2	2,6					
				36	CM1	4,03	0,4	0,4		0,45	
				24	CM2	3,92					

Контрольные вопросы :

- 1 Назначение зачистки литья?
- 2 Что такое шлифовальный круг ?
- 3 Из чего состоит шлифовальный круг ?
- 4 Что является показателем качества материала шлифовального круга ?
- 5 Как выбирается шлифовальный круг для мягких заготовок (твердых) ?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 9

Исследование работы промышленных выбивных решеток и расчет рабочих параметров с применением ЭВМ

Цель работы - изучить особенности работы и конструктивные параметры в выбивных решетках; ознакомиться с техническими характеристиками и методикой расчета; сравнить основные показатели промышленных выбивных решеток.

Общие указания

Наиболее распространенными способами выбивки являются инерционный и вибрационный. Решетки, применяемые для выбивки большинства форм, имеют механический привод и по способу возбуждения вибрации делятся на три типа: инерционные, эксцентриковые и ударные.

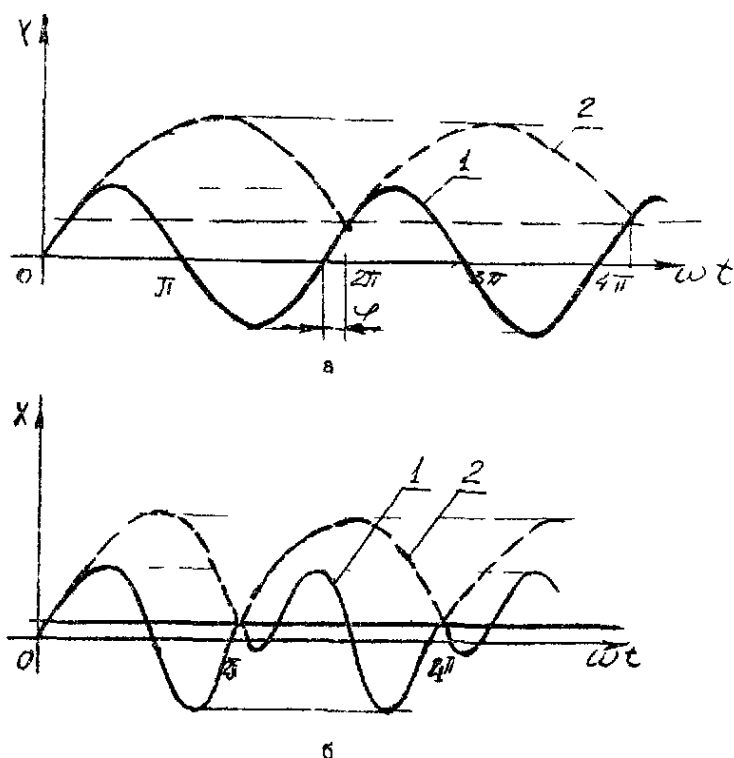
В основу выбора параметров режима колебаний механической решетки положен технологический процесс выбивки литейной формы, т. е. разрушение набивки формы и удаление ее из опоки. Работа решеток будет эффективной, если в момент падения и удара по выбивной решетке опока будет иметь максимальную скорость. Ударившись о решетку, она вновь поднимается вверх, цикл движения повторяется. Принцип работы эксцентриковых решеток различный. Эксцентриковые решетки приводятся в действие от вала с постоянным эксцентриситетом, инерционные – от вала с дебалансом. В эксцентриковых решетках происходят простые гармонические колебания с постоянной амплитудой и частотой без изменения характера движения опоки во время удара (рис. 13 а). Расчет эксцентриковых решеток сводится к решению задачи выбора оптимального режима колебаний решетки, т.е. опока должна упасть на решетку в такой ее фазе колебаний, когда скорость опоки относительно решетки будет максимальной. Оптимальный режим колебаний решетки с максимальной энергией соударений будет характеризоваться отрывом опоки от решетки в фазе 2π и соударением опоки с решеткой также в фазе 2π , т. е. с инфазным периодическим движением опоки и решетки с периодом в один цикл колебаний решетки.

Инерционные решетки не имеют жесткого привода, поэтому неуравновешенная сила заставляет их колебаться на своих опорах. Верти-

кальная составляющая возмущающей силы изменяется по периодическому закону гармонического колебания и имеет постоянные амплитуду и период (рис. 13, б). Возбуждаемые колебания инерционной решетки состоят из собственных и вынужденных колебаний с частотой, отличной от частоты возмущающей силы, и по фазе, сдвинутой относительно синусоиды изменения этой силы. Их частота, амплитуда, фаза зависят от массы решетки и жесткости ее опор.

Описание промышленной установки.

Общий вид эксцентриковой решетки представлен на рис. 14. Решетка состоит из основания 1 и собственно решетки 3 со встроенным в нее эксцентриковым валом, закрытым кожухом 6. Рабочее полотно решетки, состоящее из секций, крепится к литой раме 7, установленной в корпусе. Сам корпус состоит из двух щек (4 и 5), в этом случае выступающие части щек образуют направляющие борта решетки. Литая стальная секция полотна решетки крепится к раме винтами. Поперечные ребра решетки имеют достаточную высоту, чтобы предотвратить возможность удара опок при работе о ранее выбитую смесь. Решетка соединяется с основными четырьмя амортизаторами 8, каждый из которых состоит из резиновых подушек, зажатых между горизонтальными плитами, кронштейнами и основанием решетки.



а - Эксцентриксовая решетка; б - Инерционная решетка

Рис.13. Характер колебательных движений решетки I и опоки 2:

Решетка приводится в движение эксцентриковым валом, вращающимся в роликотопшипниках, установленных в сферических опорах на подвижной раме. Эксцентриковый вал приводится в движение от электродвигателя 2 через клиноремennую передачу. Вал установлен на линии центра тяжести решетки. При таком расположении различные части решетки будут иметь приблизительно одинаковую амплитуду колебаний. В зависимости от условий работы решетка может быть установлена в горизонтальном положении или наклонена по отношению к опорной раме на угол 6° .

Принцип действия эксцентриковой решетки: при вращении эксцентрикового вала за счет его эксцентриситета решетка совершает колебательные движения и форма, стоящая на раме решетки, отрывается от нее, подбрасывается на некоторую высоту и падает на решетку. Затем цикл

повторяется снова. При ударе формы о решетку возникают инерционные силы, действующие на весь объем смеси и на отливку, в результате чего набивка формы разрушается и смесь с отливкой выпадает из опоки.

Общий вид инерционной решетки представлен на рис. 15. Корпус 5 опирается на два блока пружин (по шесть пружин в каждом блоке), которые установлены на раму 6. Внутри кожуха, приваренного к стенкам корпуса 5, в роликотоподшипниках, установленных в стакан, вращается приводной вал 4. На валу на шпонках установлены два дебаланса. Вал приводится в действие от электродвигателя 1 через клиноременную передачу 3. Натяжение ремня производится установочными винтами 2. При вращении вала возникают центробежные силы, которые при наличии динамических неуравновешенных масс дебалансов начинают колебать вал и скрепленную с ним решетку. Частота колебаний решетки равна частоте колебаний вала.

Принцип действия инерционной решетки: при движении решетки вверх форма а, стоящая на этой решетке, поднимается вместе с ней, затем в некоторой точке 2π форма отрывается от решетки и, поднявшись на некоторую высоту, падает на решетку. Решетка с момента отрыва формы до последующего столкновения с ней совершает сложные колебательные движения. При ударе формы о решетку происходит разгружение формы.

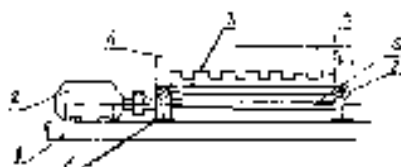


Рис. 14 – Общий вид эксцентриковой решетки

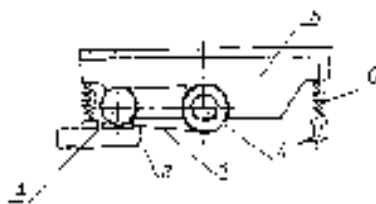


Рис. 15 – Общий вид инерционной решетки

Порядок выполнения работы

- 1 Ознакомиться с конструкциями выбивных решеток.
- 2 Произвести замеры, необходимые для расчета параметров решеток.
- 3 Результаты измерений и расчетов представить в виде таблицы 11.
- 4 Сравнить относительные показатели по расчетным параметрам решеток.
- 5 Сделать выводы по выполненной работе.

Таблица 11 – Экспериментальные и расчетные показатели решеток.

Параметры	Расчетная формула	Результат расчета
1	2	3
Эксцентриковая решетка		
Число оборотов эксцентрикового вала n , c^{-1}	$n = \frac{\pi \kappa}{1 + R} \sqrt{\frac{2g}{e_0}}$	
Угловая скорость ω , c^{-1}	$\omega = 2 \cdot \pi \cdot n$	
Величина эксцентриситета E , м	$E = \frac{\pi g}{\omega^2 \cos \varphi} \cdot \frac{1 - R}{1 + R}$	
Мощность привода N , кВт	$N = \frac{\pi g G_\phi}{\eta \cdot \omega} \cdot \frac{1 - R}{1 + R}$	
Инерционная решетка		
Угловая скорость вала вибратора ω , c^{-1}	$\omega = \frac{2(1 + \mu)}{\mu(1 + R)} \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{g}{2e_0}}$	
Частота оборотов вала вибратора n , c^{-1}	$n = \frac{\omega}{2\pi}$	
Величина возмущающей силы F_a , кг	$F_a = (G_p + G_\phi) \pi \frac{1 - R}{1 + R} \left(1 - \frac{\omega}{\omega_0} \right)$	

Продолжение таблицы 11

1	2	3
Масса неуравновешенного груза G_0 , кг	$G_0 = \frac{F_0 g}{\omega^2 r}$	

Суммарная жесткость пружин	т-	$\sum K_p = \omega_p^2 M_{сист},$ $\text{где } M_{сист} = \frac{G_p + G_\phi}{g}$	
Мощность привода инерционной решетки	N, кВт	$N = \frac{\pi g G_\phi}{\eta \cdot} \frac{1-R}{1+R} \frac{1+\mu}{\mu}$	

Примечание. В формулах использованы обозначения:

K – повторение величины соударений через определенное количество оборотов эксцентрикового вала, $k=1$;

R – коэффициент отражения скорости: $R=0,15$ (для чугунных опок), $R=0,25$ (для стальных опок);

e_0 – энергия удара, зависящая от отношения массы решетки к массе формы (μ):

если $\mu=1$, - $e_0=25$, если $0,75 \leq \mu \leq 1$, - $e_0=40$;

ϕ – фазовый угол, обеспечивающий устойчивое движение формы и решетки, $\phi=35$, $\cos \phi=0,85$;

G_ϕ – масса формы, кг, $G_\phi=750$;

G_p – масса решетки, кг, $G_p=1000$;

η – коэффициент полезного действия решетки, $\eta=0,7 \dots 0,8$;

g – ускорение силы тяжести, m/c^2 , $g=9,8$;

ω_p – частота колебаний решетки, c^{-1} , $\omega_p=50 \dots 60$;

r – радиус окружности, проходящей через центр тяжести неуравновешенного груза, м, $r=0,1$.

Приложение А

Построение и анализ индикаторных диаграмм к лабораторным работам 1 и 2

Расчет и анализ индикаторных диаграмм прессового и встряхивающего цилиндров приведены в системе Windows 95.

Работа с дискетой.

- 1 Войти в Word. Для этого мышкой перевести курсор на задание Word и нажать два раза клавишу мышки.
- 2 Вставить дискету «ИД».
- 3 Установить курсор на «ФАЙЛ» и один раз щелкнуть левой кнопкой мышки.
- 4 В появившемся окне выбрать команду «ОТКРЫТЬ» и один раз щелкнуть левой кнопкой мышки.
- 5 Перевести курсор на команду «ПАПКА» и один раз щелкнуть левой кнопкой мышки.
- 6 Выбрать «ДИСК А».
- 7 Курсором мыши выбрать требуемую программу «ПРЕСС» или «ЦИЛИНДР» и дважды щелкнуть левой кнопкой мыши.
- 8 Ответить на поставленные программой вопросы (ввести заданные параметры).
- 9 Результаты расчета распечатать при помощи команды F6.
- 10 Распечатку вклеить в отчет по лабораторной работе.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ
ДОНБАССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНАЯ
АКАДЕМИЯ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
К ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ ПО КУРСУ "Теоретические осно-
вы механизации и автоматизации процессов производства отливок (Т О-
МА)»
ДЛЯ СТУДЕНТОВ СПЕЦИАЛЬНОСТИ 7.090403

КРАМАТОРСЬК 2002

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ
ДОНБАССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНАЯ
АКАДЕМИЯ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
К ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ ПО КУРСУ «Теоретические осно-
вы механизации и автоматизации процессов производства отливок (Т О-
МА)»

ДЛЯ СТУДЕНТОВ СПЕЦИАЛЬНОСТИ 7.090403

Утверждено
на заседании кафедры ТОЛП
Протокол №6 от 9.02.2002

КРАМАТОРСК 2002

УДК 621.74.06

Методические указания к лабораторным работам по дисциплине “Теоретические основы механизации и автоматизации процессов производства отливок” для студентов специальности 7.090403 дневной и заочной формы обучения /Сост. И. И. Гунько – Краматорск: ДГМА, 2002. - с.

Содержатся лабораторные работы по изучению конструкций, принципа действия формовочных и стержневых машин, обработке данных на ПЭВМ. Лабораторные работы обучают студентов основам организации и проведению исследований, поиску оптимальных решений при оценке действующего оборудования и при проектировании нового.

Составитель
Ответственный за выпуск

И. И. Гунько, доц.
Н. П. Калашник, зам. зав. кафедрой

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
К ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ ПО КУРСУ «Теоретические основы механизации и автоматизации процессов производства отливок (ТО-МА)»
ДЛЯ СТУДЕНТОВ СПЕЦИАЛЬНОСТИ 7.090403

Составитель **Инна Ивановна Гунько**

Редактор **Нелли Александровна Хахина**

Подп. в печ.	Формат 60x84/16.20
Офсетная печать. Усл. печ. л.	Уч. -изд. л.
Тираж экз.	

~~ДГМА, 343913, г. Краматорск, ул. Шкадинова, 72~~

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
<i>I</i> Общая часть	
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 1	
Анализ работы прессовой машины и построение индикаторной диаграммы прессового механизма	

2 ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 2

Анализ работы встряхивающей машины и построение индикаторной диаграммы встряхивающего механизма по практическим данным

3 ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 3

Анализ работы стержневой машины и определение конструктивных параметров пескострельного механизма

4 ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 4

Анализ работы и выбор конструктивных параметров импульсной головки по практическим данным.

5 ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 5

Исследование и анализ работы шаровой мельницы

6 ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 6

Исследование работы сита и определение коэффициента полезного действия просеивания

7 ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 7

Исследование работы бегунов и определение влияния конструктивных параметров смесителя на качество смеси

8 ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 8

Исследование методов зачистки литья шлифовальными кругами и расчет шлифооборудования по практическим данным

9 ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 9

Исследование работы промышленных выбивных решеток и расчет рабочих параметров с применением ЭВМ

10 Приложение А

Построение и анализ индикаторных диаграмм к лабораторным работам 1 и 2

1 ПРОГРАМА КУРСУ ТА МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДЛЯ ЙОГО ВИВЧЕННЯ

1.1 Тема 1. Основи реології. Витікання металу з ковша та його рух в ливниковій системі

1.1.1 Особливості рідкого металу як гідравлічного об'єкту. Реологія

Особливості рідкого металу як гідравлічного об'єкту. Пружне тіло Гука, в'язка рідина Ньютона, пластичне тіло Сен – Венана. Поняття про реологію. Прості реологічні тіла. Ньютонівська рідина. Бінгамово тіло. Псевдопластичне тіло або неньютонівська рідина. Максвелловська рідина. Тіло Шведова. Ідеально крихке тіло. Реологічні властивості рідких металів, при твердінні та при охолодженні повністю затверділого металу.

Посилання на літературу: /1/ 8-24, /2/ 380-387, /3/ 7-21, /4/ 15-46, /5/ 4-27, /6/ 11-3, /7/ 5-63.

Методичні вказівки

Процес формування виливка супроводжується перетвореннями металу, що відбуваються у міру його охолодження. Спочатку метал представляє в'язку рідину, при кристалізації він перетворюється на гетерогенну середу, нижче за температуру кристалізації утворюється тверде крихке тіло, яке в міру подальшого охолодження набуває пластичність і пружність. Для здійснення математичного аналізу поведінки речовин створені уявлення про ідеальні тіла: ідеальна нестисла паскалева рідина зі зсувній в'язкістю, рівною нулю; в'язка ньютонівська рідина; абсолютно тверде, евклідова тіло, яке не деформується при будь-яких навантаженнях; тверде пружне Гуково тіло. Уявлень про класичні тіла недостатні ще й тому, що в'язкість і пружність притаманні в тій чи іншій мірі всім фізичним тілам. Тому в тих випадках, коли фактор часу має істотний вплив на поведінку тіла і в ньому проявляються пружно-в'язкі властивості, ідеальні уявлення, що застосовуються в класичних науках, гідродинаміці і теорії пружності, виявляються непридатними.

Процеси зміни напружень і деформацій у часі з урахуванням в'язких і пружних властивостей розглядаються реологією, що є загальною наукою про плин та деформації речовин. Реологічні тіла – проміжні між твердими і рідкими. Вони, крім того, ідеальні в тому сенсі, що не існують в природі. Відмінність всякого реального тіла від реологічних полягає ще в тому, що воно може деформуватися за різними законами залежно від умов. Отже, реологічні тіла відповідають не реальним тілам, а їх станів та описують реологічні явища.

Реологічні тіла створюють за допомогою так званих структурних моделей. Для характеристики реологічних тел застосовують графіки, що виражають залежність деформації від навантаження, зокрема графіки з а-

лежності градієнта швидкості течії від напруги зсуву. Такі криві звуться реологічними кривими консистенції. К основним типам реологічних кривих консистенції відносять ньютонівську рідину, бінгамово тіло, псевдопластичне тіло або неньютонівську рідину, максвелловську рідину, тіло Шведова, ідеально крихке тіло.

Питання для самоперевірки

- 1 Поняття про гідравлику.
- 2 Що входить до особливостей ливарної гідравлики?
- 3 Як розраховується гідростатичний тиск?
- 4 Рівняння нерозривності потоку.
- 5 Як розраховується швидкість витікання реальної рідини?
- 6 Як розраховується виштовхуюча сила?
- 7 Уявлення про ідеальні тіла.
- 8 Що таке реологія?
- 9 Характеристика реологічних тіл. Ньютонівська рідина. Псевдопластичне тіло або неньютонівська рідина. Тіло Шведова.
- 10 Характеристика реологічних тіл. Бінгамово тіло. Максвелловська рідина. Ідеально крихке тіло.

1.1.2 Основні положення гідростатики та гідродинаміки

Закон Паскаля. Рівняння нерозривності потоку. Рівняння Торрічелі. Закон Архімеда. Динамічний тиск рідини, що рухається. Рівняння Бернуллі для ідеальної та реальної рідини.

Посилання на літературу: /4/ 4-11, /7/ 5-63.

Методичні вказівки

Гідростатика – це розділ гідравліки, який вивчає закони робочого середовища і взаємодію його з твердими стінками за умови, що робоче середовище знаходиться у стані спокою, або у відносному русі. За цих умов у роб. сер. не проявл. властивості в'язкості. Спокій рідини буває абсолютний (посудина стоїть на довільній площині) і відносний (посудина рухається вздовж горизонтальної чи похилої площини).

Сили поділяють на зовнішні та внутрішні (сили взаємодії між частинками рідини). На рідину в стані спокою діють 2 групи сил: масові сили, які діють на всі частинки рідини і пропорційні масі частинок (сили тяжіння та сили інерції. Сили інерції діють на рідину у стані відносного спокою) та поверхневі сили, які прикладаються на поверхню розділу рідини з газом або твердою стінкою. Поверхневі сили відносяться до зовнішніх сил. У результаті дії внутрішніх і зовнішніх сил у об'ємі рідини виникає стискальна напруга, яка є гідростатичним тиском P . Гідростатичний тиск має наступні

властивості: Сила тиску має напрям по нормалі до площини на яку вона діє.

Реальна рідина - модель природної рідини, що характеризується ізотропністю всіх фізичних властивостей, але на відміну від ідеальної моделі, володіє внутрішнім тертям при русі.

При вивченні руху реальної (в'язкої рідини) можна піти двома різними шляхами: скористатися готовими диференціальними рівняннями і їхніми рішеннями, отриманими для ідеальної рідини. Облік прояви в'язких властивостей здійснюється за допомогою введення в рівняння додаткових поправочних членів рівняння, вивести нові рівняння для в'язкої рідини. Для практичної інженерної діяльності більш прийнятним слід вважати перший напівемпіричний шлях, другий слід використовувати лише в тих випадках, коли потрібно детальне вивчення процесу руху в'язкої рідини. Умови застосування рівняння Бернуллі: а) рух, що встановився, з масових сил діє тільки сила тяжіння; б) перетини беруться тільки там, де потік паралельнострумчастий або плавно змінюється, при цьому зовсім не обов'язково, щоб потік на всій ділянці між розглянутими перерізами був близьким до паралельнострумчастого; в) для стисливої рідини рух має відбуватися при постійному тиску і температурі без розривів струменів і утворень пухот. Перерізи потоку плоскі і перпендикулярні векторам швидкості.

Питання для самоперевірки

- 1 Що вивчає гідростатика?
- 2 Які можуть бути види спокою?
- 3 Які сили діють на робоче середовище?
- 4 Як записується основне рівняння гідростатики в диференціальній формі?
- 5 Як записується основне рівняння гідростатики для тіла, яке знаходиться у різних умовах
- 6 Як розраховується об'ємна витрата рідини у елементарної струминки та потоку, масова і вагова витрати потоку?
- 7 Які є режими руху рідини в залежності від критерію Рейнольдса?

1.1.3 Витікання металу з ковша

Витікання металу з стопорного ковша, ковша з носиком та шибєрним затвором. Конструкція стопорного ковша. Питома об'ємна витрата металу з ковша. Швидкість струменя металу та час спорожнення ковша. Розрахунок необхідного розміру стопорного стаканчика. Конструкція ковша з носиком. Траєкторія руху струменя.

Посилання на літературу: /5/ 11-18, /6/ 21-27.

Методичні вказівки

Метал виплавлений в печі зазвичай спочатку випускають в ківш, з якого в заливальному прольоті цеху його заливають у форми. В окремих випадках форми заливаються безпосередньо з печі. Вільна заливка невеликих порцій металу (зазвичай до 1 т) - чавуну або кольорових сплавів - виробляється з поворотних ковшів через носик. Великі кількості металу, в особливості сталі, заливаються з ковшів з стопорним пристроєм. Вільна заливка з поворотних і стопорних ковшів є способом, що переважає в ливарному виробництві. При заливанні деталей, що мають специфічну конфігурацію або малу товщину стінок, для полегшення заливки, а також з метою механізації і автоматизації застосовують примусову заливку: центробіжне литво, лиття під тиском і т.д.

При витіканні з ковша метал утворює в повітрі вільний струмінь. Швидкість подачі металу через невеликий круглий отвір у дні судини, як і будь-якої рідини, описується рівнянням Торрічеллі. На великих відстанях від круглого отвору на струмінь починають діяти збурюючі сили поверхневого натягу та гіроскопічні ефекти, в результаті чого вона руйнується на краплі. При витіканні з отвору неправильної форми на поверхні струменя виникають окремі потоки і він швидко руйнується.

При витіканні через носик роль гідростатичного напору грає відстань від нижньої точки носика до поверхні дзеркала рідкого металу в ковші. Витрата металу з поворотного ковша залежить від поглиблення каналу в носіку, швидкості повороту і площі поверхні (дзеркала) металу в ковші.

Питання для самоперевірки

- 1 Класифікація способів заливки форм.
- 2 Які ви знаєте елементи ливникових систем?
- 3 Яку роль виконують різні елементи ливникових систем?
- 4 Які ви знаєте типи ливникових систем?
- 5 Як розраховується необхідний розмір стопорного стаканчик?
- 6 Як описується траєкторія руху струменя металу, що витікає із ковша з носиком?

1.1.4 Рух металу в ливниковій чаші і воронці та в стояку

Заливання металу в ливникову чашу та воронку. Затримання металічних часток в чаші. Стояки, які працюють під розрідженням і під надатмосферним тиском. Конфігурація стояків.

Посилання на літературу: /1/ 8-13, /5/ 21-22.

Методичні вказівки

При подачі розплаву в чашу вільно падаючим струменем його поверхня, що контактує з навколишнім повітрям, окислюється, інтенсивність окислення розплаву зростає із збільшенням висоти падіння струменя, а також

кож при її розбризкуванні (дробленні) і розриві оксидної плівки. Тому при заливці форм відкритим струменем необхідно дотримуватися заходів, що забезпечують мінімальне окислення розплаву.

При русі металу по дну чаші з порогом в ній створюється висхідний потік, що сприяє виносу шлаку на поверхню розплаву, і виникає зона завихрення з горизонтальною віссю обертання. При цьому на кожному частку шлаку діють три сили: підйомна P_1 (при щільності частинки, меншій щільності розплаву), сила, що несе частку уперед P_2 і доцентрова P_3 , спрямована до осі обертання.

Розрізняють перебіг із заповненим і незаповненим перерізом стояка. У заповнених стояках розплав, як правило, трохи окислюється і шлак не затримується, тому що швидкість потоку розплаву в них у декілька разів більше максимальної швидкості спливання шлаків, рівний, наприклад, 8,1 в алюмінієвих і 6,9 см/с у магнієвих сплавах. Рух сплаву в незаповнених вертикальних стояках мало чим відрізняється від руху вільно падаючого струменя. У таких стояках відбувається частковий процес ошлаковування металу, а в разі їх похилого розташування зменшується захоплення повітря, розбризкування і завихрення потоку. Позитивним чинником при заливці через незаповнені стояки є також те, що витікання сплаву з них відбувається з невеликою швидкістю, зважаючи на мале значення статичного напору металу.

Питання для самоперевірки

- 1 Яку роль відіграє ливникова чаша та воронка?
- 2 Як відбувається гасіння струменя металу при його падінні на похилу стінку?
- 3 Які сили діють на неметалеву частинку в ливниковій чаші з порогом?
- 4 Назвіть умови, при яких будуть спливати неметалеві частинки в ливниковій чаші.
- 5 Які особливості в конструкції ділянок стояк-ливниковий хід без розширення, з розширенням і пониженням дна ливникового ходу?
- 6 Які особливості в конструкції ділянок стояк-ливниковий хід, що забезпечують краще відокремлення шлакових частинок?
- 7 Назвіть форми та типи стояків для різних сплавів.

1.1.5 Рух металу в шлаковловлювачі

Режими руху металу. Затримання неметалічних часток у шлаковловлювачі. Рух металу живильниках та порожнині ливарної форми. Довжина живильників та їх поперечний перетин. Вплив конфігурації та стану поверхні порожнини форми на рух металу. Призначення і необхідні розміри напору.

Посилання на літературу: /1/ 7-25, /3/ 271-284, /5/ 24-27, /6/ 21-33.

Методичні вказівки

Ні в якому іншому місці ливникової системи збурення в потоці за своїм обсягом і характером не може зрівнятися зі збуреннями і пов'язаними з ними негативними наслідками, що розвиваються на ділянці стояка ливниковий хід, тобто на початковій ділянці системи. Отже, конструкція початкової ділянки системи, що включає зумпф стояка, металоприймач, різні проміжні канали, повинні в максимальному ступені сприяти пом'якшенню удару об дно стояка, зменшенню піно- і вихроутворення, плавного введення розплаву в ливниковий хід і затримання утворених під стояком неметалічних включень на початковій ділянці ливникового ходу.

Щоб перші порції розплаву не потрапляли в живильники, останні не можна розміщати під стояком, виконувати під ливниковим ходом або приєднувати до його задньої стінки. У більшості випадків живильники розташовують в одній півформі з ливниковим ходом і відводять від нього під прямим кутом. Це виключає вплив на живильник швидкісного напорного металу, що протікає в ливниковому ході. Крім того, відгалуження живильника під прямим кутом створює великий гідравлічний опір на вході в живильник, що знижує швидкість потоку. Однак у цьому випадку в живильниках можуть утворитися незаповнені зони і буде можливий підсос повітря потоком розплаву. Тому живильники необхідно плавно з'єднувати з ливниковим ходом, а при можливості відводити від нього під тупим кутом.

У разі розташування живильників нижче дна литникового ходу (накладні живильники) метал, який тече по дну ливникового ходу, зустрівши на своєму шляху канавку, вдаряється о її стінку і передчасно потрапляє в живильник. Крім того, уступи в литниковому ході створюють додаткові збурення, що збільшують турбулентність потоку в живильниках. Тому, якщо це необхідно за умовами формування, в нижній полуформі розміщують частину литникового ходу (звичайно не більше 0,2 - 0,3 його висоти) і від неї вже відводять живильник.

Одна з умов правильного функціонування ливникової системи з декількома живильниками - рівномірний розподіл розплаву між ними. Для підвищення рівномірності дії живильників в горизонтальній системі рекомендується плавно (не сходячкою) зменшувати площі поперечних перерізів ливникового ходу після кожного живильника.

Неметалічні частки відрізняються за щільністю від металевих сплавів і тому мають здатність до самостійного руху. У сплавах на основі заліза, міді і титану шлаки, флюси і оксиди всіх компонентів легше, ніж рідкі сплави, і їх частки спливають на поверхню потоків. У сплавах на основі алюмінію і магнію їхні окисли важче сплавів і тонуть в потоках. Виняток становлять оксиди натрію, які утворюються при модифікуванні алюмінієвих сплавів. Флюси в алюмінієвих сплавах плавають на поверхні як більш легкі; у магнієвих сплавах вони знаходяться на дні плавильних тиглів. Таким чином, боротьба з неметалевими частками у важких і легких сплавах повинна проводитися суттєво різними методами.

Питання для самоперевірки

- 1 Як запобігти нерівномірну дію живильників?
- 2 Як має бути сконструйована ливникова система згідно рекомендаціям Ж. В. Токарева?
- 3 Як можна усунути розрідження і інжекцію повітря і газів в ливникових каналах?
- 4 Яке рівняння описує ідеальний профіль?
- 5 Чим на практиці замінюють ідеальний профіль стояка?
- 6 Як можна усунути інжекцію?
- 7 Типи неметалічних часток.
- 8 Як розраховується швидкість спливання неметалічних часток ?
- 9 Які співвідношення площин елементів ливникових систем використовуються?
- 10 Яка різниця між запертими та незапертими ливниковими системами?
- 11 Що таке дросельні ливникові системи?

1.2 Тема 2. Фільтрування металу

1.2.1 Сітчасті та зернисті фільтри.

Технологія застосування сітчастих фільтрів. Фільтрування металу за допомогою зернистих фільтрів. Механізм та режими фільтрування. Вибір розміру отвору сітки. Вплив розмірів та природи зерен і режиму фільтрування на ефективність очищення розплаву.

Посилання на літературу: /5/ 28-38, /8/ 10-85.

Методичні вказівки

Сітчастий фільтр – це сітка, через яку пропускають розплав. Цілком природно, що при цьому затримуються вкраплення, розміри яких перевищують розміри сітки. Матеріал сітки не повинен розчинятися компонентом сплаву, а сама вона повинна зберігати достатню міцність, щоб не руйнуватися під дією металостатичного тиску при температурі розплаву. Ці умови виконуються при виготовленні сітки з боралюмосилікатного скла.

Вибір розміру вічка сітки визначається в залежності від її механічної міцності та необхідного металостатичного напору для подалання капілярного протитиску, що виникає внаслідок незмочування металом матеріалу сітки.

Зернистий фільтр – це шар зерен різного розміру (звичайно від 5 до 15мм) та товщиною 10...20см, через який пропускають розплав. Зерна повинні мати достатню вогнетривкість, бути хімічно інертними та не розчинятися в компонентах сплаву. Найбільш часто їх виготовляють з наступних

матеріалів: корунду Al_2O_3 ; магнезиту MgO ; графіту C ; сплаву фторидів $\text{CaF}_2 + \text{MgF}_2$; алюмофтористого натрію Na_3AlF_6 .

Питання для самоперевірки

- 1 Які фільтри застосовують в ливарних цехах для відокремлення та затримання неметалічних вкраплень у розплавах?
- 2 Як працює сітчастий фільтр?
- 3 Як робиться вибір розміру отвору сітки?
- 4 Як розраховується мінімально необхідний металостатичний напір?
- 5 Де встановлюють сітчасті фільтри?
- 6 Як працює зернистий фільтр?
- 7 З яких матеріалів їх виготовляють?
- 8 За рахунок яких двох процесів відбувається очищення розплаву від неметалічних вкраплень?
- 9 Як розраховується питому об'ємна витрата металу через фільтр?

1.2.2 Керамічні, пінокерамічні та пресовані фільтри

Фільтрування металу за допомогою керамічних фільтрів. Пресовані та пінокерамічні фільтри. Технологія застосування керамічних фільтрів. Пресовані та пінокерамічні фільтри. Співвідношення площі фільтру та площі поперечного перетину ливникового ходу. Технологія виготовлення керамічних фільтрів.

Посилання на літературу: /5/ 28-38, /8/ 10-25.

Методичні вказівки

Пінокерамічні фільтри – це високопориста пластина товщиною 10...30 мм, через яку пропускають розплав. Пористість фільтра досягає 90...92%, а кількість пор на 1 см довжини фільтра змінюється від 4 до 20. Його густина складає 0,40...0,45 г/см³. Пінокерамічний фільтр, таким чином, має значну кількість звивистих пор перемінного перетину. Затримання неметалічних часток відбувається як за рахунок сітчастого так і за рахунок адгезійних явищ. При цьому це відбувається одночасно по всьому об'єму фільтра. Отримують пінокерамічні фільтри різними методами. Наприклад, полімерну губку, найбільш часто поліуретанову, стискають і занурюють у шлікер сметаноподібної консистенції.

Після насичення губки шлікером її вилучають і пропускають через обтискувальні вальці для виділення надлишку шлікера. Віджату губку пров'ялюють на повітрі і ріжуть на шматки потрібних розмірів та форм (квадратні, круглі, полігональні). Отримані заготовки висушують при температурі 150...200°C для видалення вологи і зміцнення і потім випалюють при високих температурах для спікання. При випалюванні губка повністю

вигоряє, фільтр набуває необхідної міцності внаслідок спікання часток в огнетривкого наповнювача, а також втрачає газоутворювальну здатність.

Питання для самоперевірки

- 1 Які мають характеристики пінокерамічні фільтри?
- 2 За рахунок чого в них відбувається затримання неметалічних часток?
- 3 Назвіть склади шлікеру.
- 4 Що є найважливішими характеристиками пінокерамічного фільтру?
- 5 Де встановлюються пінокерамічні фільтри в ливниковій системі?
- 6 Переваги пінокерамічних фільтрів.

1.3 Тема 3. Динамічна та статична дія металу на форму та стрижні

Кінетична енергія струменя металу та його потужність. Сила удару струменя у стінки форми та стрижнів та її зменшення. Гідравлічний удар у верхню півформу при завершенні заливання та розрахунок його величини. Розрахунок безрозмірного критерію ерозійної стійкості форми. Статичний тиск металу на стінки форм. Динамічна дія металу на форму. Піднімальна сила на верхню напівформу. Архімедова сила на стержні. Розрахунок загальної піднімальної сили та елементів скріплення напівформ.

Посилання на літературу: /1/ 25-66, /2/ 389-408, /3/ 39-50.

Методичні вказівки

Заповнення порожнини форми відбувається за певний розрахований відрізок часу – тривалість заливання $\tau_{\text{зал}}$, яка залежить від маси вилівка, товщини його стінок, конструкції ливникової системи. Для досягнення заповнення порожнини форми за визначений час розраховують необхідний перетин елементів ливникової системи, приймаючи до уваги швидкість потоку металу в живильниках $W_{\text{ж}}$, яка суттєво залежить від металостатичного напору в ливниковій системі. В залежності від положення живильників по відношенню до порожнини форми, металостатичний напір в процесі заливання може залишатися незмінним або поступово зменшуватись. Тому при розрахунках ливникових систем використовують поняття розрахункового (середнього) металостатичного напору H_p , величину якого обчислюють наступним чином для найбільш поширених типів ливникових систем.

Струмінь металу, що витікає з ковша чи живильників з швидкістю W , має певну кінетичну енергію і створює динамічний тиск на поверхню форми.

В момент завершення заповнення порожнини форми рідкий метал, що піднімається в порожнині з певною швидкістю W_p , ударяє в верхню півформу з певною силою $F_{\text{гид}}$. Це явище називають гідравлічним ударом, і воно проявляється в різкому підвищенні тиску металу в верхніх шарах форми.

рми на величину Δh_{\max} в порівнянні з статичним тиском $h_{\text{ст}}$ і наступним зниженням тиску на величину Δh_{\min} . Процес повторюється декілька разів в затухаючому режимі.

Металостатичний напір – це відстань по вертикалі від горизонтальної площини, що проходить через рівень металу в ливниковій чаші або воронці до точки, що розглядається. Вектори сил тиску в точці, що знаходиться в середині металу, діють рівномірно у всіх напрямках

Питання для самоперевірки

- 1 Чому дорівнює розрахунковий напір для верхніх ливникових систем?
- 2 Чому дорівнює розрахунковий напір для нижніх ливникових систем?
- 3 Чим визначається швидкість руху рідини через занурений отвір?
- 4 Для чого використовують бічні ливникові системи?
- 5 Чому пропорційна сила удару струменя металу у стінку форми?
- 6 Що таке ерозія форми і до чого вона призводить?
- 7 Як розраховується гідравлічний удар у формі?
- 8 Як розраховується швидкість підйому металу у формі?
- 9 В чому полягає негативний вплив гідравлічного удару на формування виливків?

1.4 Тема 4. Гідравлічні основи розрахунку ливникових систем

Класифікація способів заливання металу і типи ливникових систем. Визначення оптимальних тривалості заливання. Розрахунок металостатичного напору та площі вузького перетину ливникової системи. Раціональні області застосування вертикально – щільових ливникових систем. Призначення дощових ливникових систем та їх конструкція і різновиди. Розрахунок вертикально–дросельних та горизонтально–дросельних систем. Ярусні ливникові системи та їх застосування.

Посилання на літературу: /1/ 67-233, /3/ 285-409.

Методичні вказівки

Вибір конструкції системи є початковим і в той же час найбільш відповідальним етапом її проектування, від успішного вирішення якого залежить кінцевий результат роботи – проектування раціональної ливникової системи.

Ливникові системи можуть складатися з двох елементів (ливникова лійка, ливники); трьох елементів (ливникова лійка, стояк, ливники); чотирьох елементів (ливникова лійка, стояк, розподільний канал, ливники). Розрахунок ливникової системи полягає в знаходженні площ поперечних перерізів і лінійних розмірів її основних елементів: стояка, литникового ходу і живильників. Причому спочатку розраховують найменший (розрахункове), тобто регулючу витрату, перетин ливникової системи, зазвичай

стояка, а потім, виходячи з прийнятого співвідношення $F_c:F_{л.х.}:F_{п.}$ визначають площі сумарних поперечних перерізів інших елементів.

Щоб ливникова система виконувала свої функції, розміри її основних елементів слід розраховувати виходячи з таких умов: розміри литникової чаші - з умови запобігання підсмоктування шлаку через верхній перетин стояка та забезпечення позитивного тиску розплаву в ньому; розміри нижнього поперечного перерізу стояка - з умови забезпечення протікання розплаву в них і робочої порожнини форми з допустимою турбулентністю, а також заповнюваності форми; розміри верхнього перерізу стояка - з умови забезпечення необхідного тиску розплаву на його стінки; розміри ливникового ходу і живильників - з умови забезпечення протікання розплаву в них з допустимою турбулентністю і затримання шлаку.

Відповідно до цього передбачають такі види розрахунків:

- розрахунок сумарних площ поперечних перерізів основних елементів ливникової системи: стояків, ливникових ходів і живильників;
- розрахунок числа названих вище елементів і визначення їх розмірів;
- розрахунок відстані від стояка до першого живильника;
- визначення розмірів литникової чаші або воронки.

Питання для самоперевірки

- 1 Як досягають необхідний тиск металу в каналах ливарної форми?
- 2 Які умови забезпечення заповнюваності форми розплавом?
- 3 Які основні положення, на яких має ґрунтуватися проектування литникової системи?
- 4 Чому вибір конструкції ливникової є найбільш відповідальним етапом її проектування?
- 5 Як обирають положення вилівка у формі і роз'єм форми?
- 6 Як обирати спосіб і місце підведення розплаву у форму?
- 7 Як розрахувати вертикально – дросельні та горизонтально – дросельні системи?

2 ПРАКТИЧНІ РОБОТИ

Практикум проводиться за для поглибленого вивчення особливостей руху рідкого металу у ливарній формі.

Практична робота 1 - Розрахунок діаметра отвору стопорного стаканчика. Розрахунки часу заливання форм та питомої швидкості заливання форм. Розрахунки швидкості струменя металу та час спорожнення ковша. Розрахунок діаметра отвору стопорного стаканчика та вибір необхідної ємності ковшу. Хід рішення роботи наведено у прикладі 2.1 (/5/, с. 18.). Варіанти завдань до першої практичної роботи наведено в таблиці 2. 1.

Таблиця 2.1 – Вихідні дані для розв'язання практичної роботи № 1

№ завд.	Вихідні дані									
	Q ₁ , кг	τ ₁ , с	Q ₂ , кг	τ ₂ , с	Q ₃ , кг	τ ₃ , с	Q ₄ , кг	τ ₄ , с	Q ₅ , кг	τ ₅ , с
1	110	15	90	10	100	20	120	22	80	10
2	120	22	300	30	180	25	220	28	160	23
3	980	60	550	60	900	57	800	50	750	40
4	950	60	1850	100	880	55	1650	70	650	50
5	1050	60	1750	70	980	58	2250	120	1950	100
6	1760	65	1890	67	1200	60	2740	80	2370	70
7	3500	170	1000	70	2450	120	1050	60	3980	180
8	1900	100	3590	130	4780	180	1750	110	3960	150
9	4860	120	2600	100	5960	140	1700	100	4870	160
10	5990	180	6890	130	4450	120	7590	100	5050	150
11	5790	110	8890	160	9570	200	5690	100	9940	220
12	11790	200	8890	190	10570	250	7690	150	10940	260
13	100	15	70	10	130	20	150	22	50	10
14	130	22	290	30	190	25	250	28	140	23
15	1080	60	450	30	950	57	850	50	650	40
16	1090	60	1750	100	780	55	1790	70	590	50
17	950	60	1850	70	1080	58	2150	120	1950	100

Практична робота 2 - Розрахунок напору для різних типів ливникових систем. Розрахунок швидкості та визначення режиму руху потоку рідкого чавуну при виході металу з живильника в порожнину ливарної форми. Розрахунок швидкості та визначення режиму руху потоку рідкої сталі при виході металу з живильника в порожнину ливарної форми. Хід рішення роботи наведено у прикладі 3.1 (/5/, с. 27.). Схема ливникової системи, яка необхідна для розрахунків наведена на рис. 2.1. Варіанти завдань до другої практичної роботи наведено в таблиці 2.2.

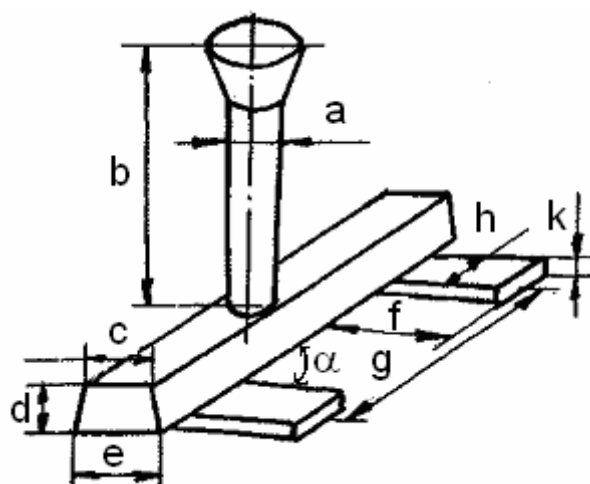


Рисунок 2.1 – Схема ливникової системи

Таблиця 2.2 – Вихідні дані для розв'язання практичної роботи №2

№	Вихідні дані
---	--------------

завд.	a, мм	b, мм	c, мм	d, мм	e, мм	f, мм	g, мм	h, мм	k, мм	α
1	40	400	28	30	32	40	400	22	12	30°
2	40	400	28	30	32	40	400	22	12	60°
3	40	400	28	30	32	40	400	22	12	90°
4	50	500	33	35	37	45	450	30	15	30°
5	50	500	33	35	37	45	450	30	15	60°
6	50	500	33	35	37	45	450	30	15	90°
7	25	250	22	25	28	30	250	20	8	30°
8	25	250	22	25	28	30	250	20	8	60°
9	25	250	22	25	28	30	250	20	8	90°
10	55	550	38	40	42	45	450	35	17	30°
11	55	550	38	40	42	45	450	35	17	60°
12	55	550	38	40	42	45	450	35	17	90°
13	60	550	42	45	48	50	500	35	17	30°
14	60	550	42	45	48	50	500	35	17	60°
15	60	550	42	45	48	50	500	35	17	90°
16	30	300	18	20	22	60	300	20	10	30°
17	30	300	18	20	22	60	300	20	10	60°

Практична робота 3 - Розрахунок кінетики фільтрування металу фільтрами. Фільтрування розплавів через сітчасті фільтри. Фільтрування розплавів через зерністі фільтри. Пінокерамічні фільтри. Хід рішення роботи наведено у прикладі 3.2 (/5/, с. 39.). Варіанти завдань до третьої практичної роботи наведено в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Вихідні дані для розв'язання практичної роботи №3

№ завд.	Вихідні дані	
	Температура розплаву $T, ^\circ\text{C}$	Розмір вічка сітки, мм
1	700	0,6×0,6
2	700	1,3×1,3
3	700	1,7×1,7
4	800	0,6×0,6
5	800	1×1
6	800	1,3×1,3
7	800	1,7×1,7
8	900	0,6×0,6
9	900	1×1
10	900	1,3×1,3
11	900	1,7×1,7
12	1000	0,6×0,6
13	1000	1×1

14	1000	$1,3 \times 1,3$
15	1000	$1,7 \times 1,7$
16	1100	$0,6 \times 0,6$
17	1100	1×1

3 МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ПО ВИКОНАННЮ КОНТРОЛЬНИХ РОБІТ

Мета виконання контрольної роботи - закріплення знань, які отримані при вивченні дисципліни і розвитку навичок самостійної роботи над технічною літературою, довідниками, нормативними документами.

Контрольна робота строго індивідуальна, спонукає студентів "порційно" засвоїти великий по об'єму курс і контролювати його засвоєння. Контрольна робота містить у собі розрахунок основних ділянок ливарного цеху за наданою темою.

Роботу необхідно виконувати на аркушах формату А4 рукописним або друкованим способом.

Не допускається копіювання й вклеювання графічних зображень із літературних джерел. Також не допускається повторювати викладений у літературних джерелах текст. На використану літературу, список якої обов'язково повинен наводитися наприкінці роботи, робляться посилання.

Виконується один варіант контрольних завдань. На титульному аркуші необхідно вказати:

- точну назву дисципліни;
- варіант контрольної роботи;
- тему контрольної роботи;
- прізвище, ім'я, по батькові в родовому відмінку;
- факультет, групу, курс і спеціальність.

Контрольна робота повинна бути підписана студентом із зазначенням дати її виконання. Робота вважається зарахованою при позитивній на неї рецензії. У противному випадку контрольна робота вертається на вивчення й доробку.

Для вдалого захисту контрольної роботи треба дати відповідь на два теоретичних питання та вміти рішення практичні роботи.

4 ЗАВДАННЯ НА КОНТРОЛЬНУ РОБОТУ

Перелік теоретичних питань, які входять до контрольної роботи:

- 1) Особливості рідкого металу як гідравлічного об'єкту.
- 2) Поняття про реологію.
- 3) Прості реологічні тіла.
- 4) Пружне тіло Гука.
- 5) В'язка рідина Ньютона.
- 6) Пластичне тіло Сен-Венана.
- 7) Складні реологічні тіла.

- 8) Тіло Кельвіна.
- 9) Тіло Максвелла.
- 10) Тіло Шведова.
- 11) Реологічні властивості рідких металів при твердінні та при охолодженні повністю затверділого металу.
- 12) Основні положення гідростатики та гідродинаміки.
- 13) Гідростатичний тиск в нерухомій рідині на плоскі стінки.
- 14) Гідростатичний тиск в нерухомій рідині на криволінійні стінки.
- 15) Динамічний тиск рідини, що рухається.
- 16) Рівняння Бернуллі для ідеальної та реальної рідини.
- 17) Витікання металу з стопорного ковша. Швидкість струменя металу та час спорожнення ковша.
- 18) Розрахунок необхідного розміру стопорного стаканчика.
- 19) Витікання металу з ковша з носиком. Траєкторія руху струменя.
- 20) Рух металу в ливниковій чаші і воронці.
- 21) Затримання неметалічних часток в чаші.
- 22) Рух металу в стояці.
- 23) Стояки, які працюють під розрідженням і під надатмосферним тиском. Конфігурація стояків.
- 24) Рух металу в шлаковловлювачі.
- 25) Режими руху металу.
- 26) Падіння швидкості руху, розрахунок коефіцієнту втрат напору.
- 27) Затримання неметалічних часток у шлаковловлювачі.
- 28) Рух металу живильниках та порожнині ливарної форми.
- 29) Довжина живильників та їх поперечний перетин. Вплив конфігурації та стану поверхні порожнини форми на рух металу.
- 30) Призначення і необхідні розміри напору.
- 31) Кінетична енергія струменя металу та його потужність.
- 32) Сила удару струменя у стінки форми та стрижнів та її зменшення.
- 33) Кінетичний тиск струменя на поверхню форми та стрижнів та відрив часток суміші.
- 34) Розрахунок безрозмірного критерію ерозійної стійкості форми.
- 35) Гідравлічний удар у верхню півформу при завершенні заливання та розрахунок його величини.
- 36) Вплив гідравлічного удару на формування пригару, ужимин, газових раковин, підняття верхньої півформи.
- 37) Статичний тиск металу на стінки форм.
- 38) Динамічна дія металу на форму. Піднімальна сила на верхню напівформу. Архімедова сила на стрижні.
- 39) Розрахунок загальної піднімальної сили та елементів скріплення напівформ.

- 40) Класифікація способів заливання металу і типи ливникових систем.
- 41) Визначення оптимальних тривалості заливання, розрахункового металостатичного напору та площі вузького перетину ливникової системи.
- 42) Співвідношення площ поперечного перетину елементів ливникової системи.
- 43) Область застосування та особливості дросельних ливникових систем.
- 44) Типи та елементи дросельних ливникових систем.
- 45) Розрахунок вертикальних дросельних систем.
- 46) Розрахунок горизонтальних дросельних систем.
- 47) Раціональні області застосування вертикально – щільових ливникових систем. Елементи систем та їх розрахунок.
- 48) Ярусні ливникові системи та їх застосування. Методика розрахунку.
- 49) Призначення дощових ливникових систем та їх конструкція і різновиди. Методика розрахунку.
- 50) Особливості ливникових систем для сталі.

Варіанти завдань для контрольної роботи наведені в табл. 4.1.

Таблиця 3.1 – Варіанти завдань для контрольної роботи

№ вар.	Теоретична частина (пи- тання)		Практична частина		№ вар.	Теоретична частина (пи- тання)		Практична частина	
	№ 1	№2	№ п.р.	№ за- вд.		№ 1	№2	№ п.р.	№ за- вд.
1	7	35	1	1	26	1	20	2	9
2	8	36	2	1	27	3	22	3	9
3	9	37	3	1	28	5	24	1	10
4	10	38	1	2	29	7	26	2	10
5	16	39	2	2	30	9	28	3	10
6	17	40	3	2	31	2	30	1	11
7	18	21	1	3	32	4	32	2	11
8	19	22	2	3	33	6	34	3	11
9	20	23	3	3	34	8	36	1	12
10	1	24	1	4	35	10	38	2	12
11	2	25	2	4	36	31	40	3	12
12	3	30	3	4	37	33	41	1	13
13	4	31	1	5	38	35	42	2	13
14	5	32	2	5	39	37	43	3	13
15	6	33	3	5	40	39	44	1	14
16	11	34	1	6	41	11	45	2	14
17	12	26	2	6	42	13	46	3	14
18	13	27	3	6	43	15	47	1	15
19	14	28	1	7	44	17	48	2	15
20	15	29	2	7	45	19	31	3	15
21	7	50	3	7	46	21	32	1	16
22	8	49	1	8	47	23	33	2	16
23	9	48	2	8	48	25	34	3	16
24	10	47	3	8	49	27	35	1	17
25	11	46	1	9	50	29	36	2	17

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. **Галдин М.Н.** Литниковые системы и прибыли для фасонных отливок / М.Н. Галдин, В.В. Чистяков, А.А. Шатульский. – М.: Машиностроение, 1992. – 252 с.
2. **Чуркин Б. С.** Теория литейных процессов: Учеб. / под ред. Э.Б. Гофмана / Б.С. Чуркин. – Екатеринбург, 2006. – 454 с.
3. **Рабинович Б.В.** Введение в литейную гидравлику / Б.В. Рабинович. – М.: Машиностроение, 1966. – 424 с.
4. **Чистяков В.В.** Теория заполнения форм расплавом / В.В. Чистяков, А.Г. Малов, В.А. Честных, А.А. Шатульский. – М.: Машиностроение, 1995. – 162 с.
5. **Дробязко В.М.** Ливарна гідравліка Навчальний посібник / В.М. Дробязко, А.М. Фесенко, Р.В. Лютий, М.А. Фесенко. – Киев-Краматорск, 2009. – 84 с.
6. **Гуляев Б.Б.** Теория литейных процессов. Учебное пособие для вузов. / Б.Б. Гуляев. – Л.: Машиностроение, 1976. – 216 с.
7. **Старк С.Б.** Основы гидравлики, насосы и воздухоудельные машины / С.Б. Старк. – М.: Metallurgiya, 1981. – 458 с.
8. **Чурсин Б.С.** Флюсовая обработка и фильтрование алюминиевых расплавов / Б.С. Чурсин. – М.: Metallurgiya, 1985. – 180 с.
9. **Десницкая И.В.** Гидравлика жидкого металла. Учебное пособие. / И.В. Десницкая. – С-П.: Изд-во СПИМаш, 2001. – 80 с.
10. **Ветишка А.** Теоретические основы литейной технологии / А. Ветишка, Й. Брадик, И. Мацашек, С. Словак. – Киев: Высшая школа, 1981. – 318 с.
11. **Баландин Г.Ф.** Теория формирования отливки / Г.Ф. Баландин. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1998. – 360 с.
12. **Курдюмов А.В.** Флюсовая обработка и фильтрование алюминиевых сплавов / А.В. Курдюмов, С.В. Инкин – М.: Metallurgiya, 1980. – 196 с.
13. **Ефимов В.А.** Специальные способы литья: Справочник / В.А. Ефимов, Г.А. Анисович, В.Н. Бабич и др.; Под общ. ред. В.А. Ефимова. – М.: Машиностроение, 1991. – 436 с.

ЛИВАРНА ГІДРАВЛІКА

**Робоча програма, методичні вказівки
і контрольні завдання
(для студентів напряму підготовки 6.050402
заочної форми навчання)**

(Українською мовою)

Укладач: АБДУЛОВ Олександр Радікович

Редактор

О. М. Болкова

Комп'ютерна верстка

О. П. Ордіна

391/2012. Підп. до друку . Формат 60 x 84/16.
Папір офсетний. Ум. друк. арк. 2,09. Обл.-вид. арк. 1,41.
Тираж прим. Зам. №

Донбаська державна машинобудівна академія
84313, м. Краматорськ, вул. Шкадінова, 72.
Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи
до Державного реєстру
серія ДК №1633 від 24.12.2003