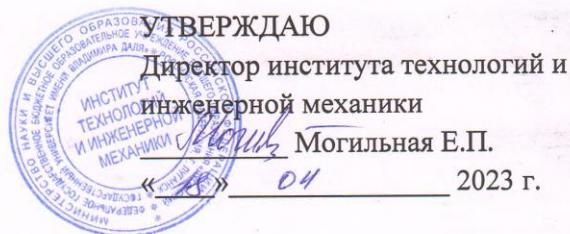


Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Луганский государственный университет имени Владимира Даля»

Институт технологий и инженерной механики  
Кафедра цифровых технологий и машин в литейном производстве



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ  
«Печи и сушила литейного производства»

По направлению подготовки 15.03.01 Машиностроение  
Профиль: «Цифровые технологии и машины в литейном производстве»

Луганск- 2023

Лист согласования РПУД

Рабочая программа учебной дисциплины «Печи и сушила литейного производства» по направлению подготовки 15.03.01 Машиностроение. – с.

Рабочая программа учебной дисциплины «Печи и сушила литейного производства» составлена с учетом Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 15.03.01 Машиностроение, утвержденный приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 9.08.2021 г. № 727.

СОСТАВИТЕЛЬ:

к.т.н., доцент Свинороев Ю.А.

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры цифровых технологий и машин в литейном производстве «11» 04 2023 года, протокол №10

Заведующий кафедрой цифровых технологий и машин в литейном производстве \_\_\_\_\_ Свинороев Ю.А.

Переутверждена: «\_\_\_\_» 20\_\_ г., протокол № \_\_\_\_

Рекомендована на заседании учебно-методической комиссии института технологий и инженерной механики «18» 04 2023 года, протокол №3

Председатель учебно-методической комиссии института технологий и инженерной механики \_\_\_\_\_ Ясуник С.Н.

© Свинороев Ю.А., 2023 год  
© ФГБОУ ВО «ЛГУ им. В. Даля», 2023 год

## **Структура и содержание дисциплины**

### **1. Цели и задачи дисциплины, ее место в учебном процессе**

Цель изучения дисциплины – ознакомление бакалавров с основными представлениями о современных плавильных агрегатах и сушильном оборудовании в литейном производстве – основой заготовительной базы машиностроения.

Задачами изучения дисциплины «Печи и сушила литейных цехов» являются:

ознакомление студентов с основными положениями о теории плавки и энергетического баланса при подготовке литейных сплавов;

познакомить студентов с основными положениями о теории сушки и способах ее применения при осуществлении технологий литья;

приобретение студентами знаний по основным разделам: теории плавки, теории сушки;

знакомство с основными видами и классификацией применяемых в литейном производстве плавильных и сушильных агрегатов;

выработать у студентов навыки и умения самостоятельно принимать решения в определении параметров плавки/сушки при решении разнообразных практических задач литейного производства.

### **2. Место дисциплины в структуре ООП ВО**

Дисциплина «Печи и сушила литейных цехов» входит в часть, формируемую участниками образовательных отношений. Необходимыми условиями для освоения дисциплины являются: знания нормативно-технической документации для проектирования литейного оборудования 2й группы сложности, умения разрабатывать технические и рабочие проекты печного литейного оборудования, навыками разработки документации по использованию печного литейного оборудования.

Содержание дисциплины является логическим продолжением содержания дисциплин «Технология литейного производства», «Компьютерное моделирование объектов профессиональной деятельности» и служит основой для освоения дисциплин «Специальные виды литья», «Проектирование оснастки», «Проектирование литейных цехов».

### **3. Требования к результатам освоения содержания дисциплины**

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Перечень планируемых результатов
ПК-3. Проектирование литейного оборудования второй группы сложности	ПК-3.1. Разрабатывает технические и рабочие проекты литейного	Знать: стандарты, нормативно-техническую документацию для проектирования литейного оборудования 2й группы сложности.

	оборудования 2й группы сложности ПК-3.2. Разрабатывает документацию по использованию литейного оборудования 2й группы сложности	Уметь: разрабатывать технические и рабочие проекты печного литейного оборудования в соответствии с нормативной документацией. Владеть: навыками разработки документации по использованию печного литейного оборудования 2й группы сложности.
--	---	---

## 4. Структура и содержание дисциплины

### 4.1. Объем учебной дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Объем часов (зач. ед.)	
	Очная форма	Заочная форма
<b>Общая учебная нагрузка (всего)</b>	<b>144 (4,0 зач. ед)</b>	<b>144 (4,0 зач. ед)</b>
<b>Обязательная аудиторная учебная нагрузка (всего)</b>	<b>60</b>	<b>22</b>
<b>в том числе:</b>		
Лекции	24	10
Семинарские занятия	-	-
Практические занятия	24	8
Лабораторные работы	12	4
Курсовая работа (курсовой проект)	-	-
Другие формы и методы организации образовательного процесса	-	-
<b>Самостоятельная работа студента (всего)</b>	<b>84</b>	<b>122</b>
Форма аттестации	экзамен	экзамен

### 4.2. Содержание разделов дисциплины

Тема 1. Общая характеристика, назначение и анализ работы печного хозяйства.

Назначение и структура печного хозяйства в литейном производстве. Современные требования к организации работы печного хозяйства в литейном производстве. Требования к основным узлам, элементам и материалам для обеспечения получения качественного литья. Типовая организация работы печного хозяйства.

Тема 2. Основные показатели эффективности литейных печей. Показатели эффективности работы печного хозяйства. Основные характеристики и параметры работы печей в их взаимосвязи с технологическими и энергетическими задачами в литейном производстве. Факторы определяющие эффективность работы литейных печей: конструктивные особенности печного агрегата, требования к топливу, теплота сгорания, соотношение расходов воздуха и топлива, экологические проблемы.

### **Тема 3. Топливо литьевых печей.**

Виды топлива для литьевых печей, его классификация. Кокс как основное топливо литьевых печей. Требования к качеству кокса. Функциональное назначение топлива. Природный газ. Мазут. Факторы влияющие на выбор топлива литьевых печей. Взаимосвязь использования кокса с качеством отливок. Влияние факторов окружающей среды на выбор топлива.

### **Тема 4. Классификация и конструктивно-технологические особенности работы печей.**

Классификация печных агрегатов в литьевом производстве. Анализ конструктивно-технологических решений сушильных нагревательных агрегатов и плавильных печей. Классификация , особенности конструкции печных агрегатов различных типов.

### **Тема 5. Режимы тепловой работы.**

Понятие о тепловом режиме литьевой печи/сушильного агрегата. Виды тепловых режимов их характеристика: одноступенчатый, многоступенчатый, равномерно распределенный радиационный, направленный прямой радиационный. Факторы, влияющие на тепловой режим литьевой печи: конструкция печи, теплотехнические характеристики, допустимая разность температур. Тепловой баланс. Учет тепловых потерь. Контроль тепловых режимов печных агрегатов в литьевом производстве.

### **Тема 6. Индукционные печи.**

Принцип работы. Типовые конструкции и их элементы (индуктор, тигель, источники питания, система охлаждения). Конструктивные особенности. Виды (канальные, тигельные, высокочастотные, низкочастотные). Сфера применения.

### **Тема 7. Печи шахтного типа.**

Определение. Принцип работы. Конструктивные особенности: колошник, шахта, горн, фурмы. Виды (электрические, газовые, комбинированные). Области применения. Достоинства и недостатки. Футеровка. Вагранки.

### **Тема 8. Безопасность и экологические требования к работе плавильных печей.**

Общие подходы к обеспечению безопасности при работе плавильных печей в литьевом производстве. Защита работников от теплового излучения. Защита от ожогов брызгами металла. Регламент работы и инструкции безопасности. Экологические требования: снижение выбросов, предварительная подготовка металломолома, снижение выбросов оксидов азота и серы. Культура производства.

### 4.3. Лекции

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма
1	Технологические задачи печного хозяйства литейного цеха. Виды термических агрегатов	1	1
2	Тепловые режимы работы плавильной печи	2	1
3	Характеристики огнеупорных оболочек печного пространства	1	1
4	Печные газы	1	
5	Основные зоны печного пространства и технологические устройства печей, схемы их расположения, оценка эффективности	2	1
6	Энергетический баланс работы печного агрегата	2	-
7	Классификация термических агрегатов по технологическому назначению	2	1
8	Классификация печей по принципу действия и конструктивному исполнению	1	1
9	Классификация печей по форме рабочего пространства	2	1
10	Классификация по источнику генерации тепла	2	
11	Печи шахтного типа. Вагранки	2	1
12	Электро-дуговые печи	2	1
13	Индукционные печи	2	1
14	Аспекты безопасности и экологии работы печного хозяйства	1	
<b>Итого:</b>		<b>24</b>	<b>10</b>

### 4.4. Практические занятия

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма
1	Основные энергетические задачи печного хозяйства литейного цеха.	1	1
2	Температурные режимы работы печи (одноступенчатые, многоступенчатые)	2	1
3	Режимы теплообмена при тепловой работе печи	2	1
4	Роль печных газов в технологии тепловой обработки материалов	2	1
5	Классификация технологического топлива и основные требования, предъявляемые к нему.	2	1
6	Характеристики работы печи: классификация видов топлива, теплотворность топлива, коэффициент расхода воздуха, температура продуктов горения, температура воспламенения и	2	1

	вспышки, удобство сжигания, вредные примеси.		
7	Нагревательные печи .	2	1
8	Сушильные печи.	2	1
9	Загрузка материала в печь.	2	
10	Печная атмосфера, способы регулирования и управления	1	-
11	Утилизация теплоты и отработанных печных газов.	1	-
12	Обозначение и маркировка печей.	2	-
13	Ассортимент и виды термических агрегатов в литейном производстве.	2	-
14	Аспекты безопасности и экологии работы печного хозяйства	1	-
Итого:		24	8

#### 4.5. Лабораторные работы

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма
1	Огнеупорные оболочки плавильных агрегатов	2	-
2	Уравнение теплового баланса работы печи	4	-
3	Параметры работы печи. Количественные и геометрические параметры работы. Теплотехнические параметры работы. Энергетический к.п.д. печей.	6	-
4	Рабочее пространство печей	4	-
5	Изучение и конструктивные особенности работы вагранки.	4	-
6	Изучение и конструктивные особенности работы электродуговой печи.	4	-
7	Изучение и конструктивные особенности работы индукционной печи.	4	-
Итого:		28	-

#### 4.6. Самостоятельная работа студентов

№ п/п	Название темы	Вид СРС	Объем часов	
			Очная форма	Заочная форма
1	Технологические задачи печного хозяйства литейного цеха. Виды термических агрегатов		6	9
2	Тепловые режимы работы плавильной печи	Поиск, анализ, структурирование и изучение информации по темам. Подготовка к зачету	6	9
3	Характеристики огнеупорных оболочек печного пространства		6	9
4	Печные газы		6	9
5	Основные зоны печного пространства и технологические		6	9

	устройства печей, схемы их расположения, оценка эффективности		
6	Энергетический баланс работы печного агрегата	6	9
7	Классификация термических агрегатов по технологическому назначению	6	9
8	Классификация печей по принципу действия и конструктивному исполнению	6	9
9	Классификация печей по форме рабочего пространства	6	9
10	Классификация по источнику генерации тепла	6	9
11	Печи шахтного типа. Вагранки	6	8
12	Электро-дуговые печи	6	8
13	Индукционные печи	6	8
14	Аспекты безопасности и экологии работы печного хозяйства	6	8
<b>Итого:</b>		<b>84</b>	<b>122</b>

**4.7. Курсовые работы/проекты** по дисциплине «Печи и сушила литейных цехов» не предполагаются учебным планом.

## 5. Образовательные технологии

Для достижения планируемых результатов освоения дисциплины «Печи и сушила литейных цехов» используются следующие образовательные технологии:

- традиционные объяснительно-иллюстративные технологии, которые обеспечивают доступность учебного материала для большинства студентов, системность, отработанность организационных форм и привычных методов, относительно малые затраты времени;
- информационно-коммуникационная технология, в том числе визуализация, создание электронных учебных материалов;
- использование электронных образовательных ресурсов при подготовке к лекциям, практическим и лабораторным занятиям;
- технология проблемного обучения, в том числе в рамках разбора проблемных ситуаций;
- технология развивающего обучения, в том числе постановка и решение задач от менее сложных к более сложным, развивающих компетенции студентов.

В рамках перечисленных технологий основными методами обучения являются: работа в команде; самостоятельная работа; проблемное обучение.

## **6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины:**

### **а) основная литература:**

1. Аникеев В.В. Печи литейного производства: Учебное пособие для вузов, издание 2 – Самара: Самар.гос.техн.ун-т. 2016.-129 с.

2. Глинков М.А. Общая теория печей: Учебное пособие для вузов/ М.А. Глинков, Г.М. Глинков – М.: Металлургия, 2018.-264 с.

3. Долотов Г.П. Печи и сушила литейного производства: Учебник для техникумов/ Г.П. Долотов, Е.А. Кондаков – М.: Машиностроение, 2018.-304с.

### **б) дополнительная литература:**

1. Карпухин В.В. Печи для цветных и редких металлов: Учебник для техникумов – М.: Металлургия, 1980.-392с.

2. Литейные сплавы и плавка: Учебник для вузов/ А.П. Трухов, А.И. Маляров – М.: Издат. Центр "Академия", 2004.-336с.

3. Металлургические печи: Учебник для металлургических вузов/ Под общ.ред. В.А. Кривандина – М.: Металлургия, 1977.-463с.

4. Грачев В.А. Печи литейных цехов: Учебное пособие для вузов – М.: Изд-во МГОУ, 2004.-634с.

5. Изд-во МГОУ, 2004.-634с.

6. Долотов Г.П. Конструкция и расчет заводских печей и сушил: Учебник для техникумов/ Г.П. Долотов, Е.А. Кондаков – М.: Машиностроение, 2014.-272с.

7. Долотов Г.П. Оборудование термических цехов и лабораторий испытания металлов: Учебник для техникумов/ Г.П. Долотов, Е.А. Кондаков – М.: Машиностроение, 2008. - 336с.

8. Егоров А.В. Электроплавильные печи черной металлургии: Учебник для вузов. – М.: Металлургия, 2005. - 280с.

### **г) интернет-ресурсы:**

Министерство образования и науки Российской Федерации – <http://минобрнауки.рф/>

Федеральная служба по надзору в сфере образования и науки – <http://обрнадзор.gov.ru/>

Портал Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования – <http://fgosvo.ru>

Федеральный портал «Российское образование» – [http://www.edu.ru/](http://www.edu.ru)

Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» – [http://window.edu.ru/](http://window.edu.ru)

Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов – [http://fcior.edu.ru/](http://fcior.edu.ru)

ГОСТы и стандарты – <https://standartgost.ru/>

Российская Ассоциация Литейщиков – <http://www.ruscastings.ru/>

**Электронные библиотечные системы и ресурсы**

Электронно-библиотечная система «StudMed.ru» –  
<https://www.studmed.ru>

Научная электронная библиотека Elibrary – Режим доступа: URL:  
<http://elibrary.ru/>

Справочная правовая система «Консультант Плюс» – Режим доступа:  
URL: <https://www.consultant.ru/sys/>

**Информационный ресурс библиотеки образовательной организации**

Научная библиотека имени А. Н. Коняева – Режим доступа: URL:  
<http://biblio.dahluniver.ru/>

## **7. Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины**

Освоение дисциплины «Печи и сушила литейных цехов» предполагает использование академических аудиторий, соответствующих действующим санитарным и противопожарным правилам и нормам.

Прочее: рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет.

Программное обеспечение:

Функциональное назначение	Бесплатное программное обеспечение	Ссылки
Офисный пакет	Libre Office 6.3.1	<a href="https://www.libreoffice.org/">https://www.libreoffice.org/</a> <a href="https://ru.wikipedia.org/wiki/LibreOffice">https://ru.wikipedia.org/wiki/LibreOffice</a>
Операционная система	UBUNTU 19.04	<a href="https://ubuntu.com/">https://ubuntu.com/</a> <a href="https://ru.wikipedia.org/wiki/Ubuntu">https://ru.wikipedia.org/wiki/Ubuntu</a>
Браузер	Firefox Mozilla	<a href="http://www.mozilla.org/ru/firefox/fx">http://www.mozilla.org/ru/firefox/fx</a>
Браузер	Opera	<a href="http://www.opera.com">http://www.opera.com</a>
Почтовый клиент	Mozilla Thunderbird	<a href="http://www.mozilla.org/ru/thunderbird">http://www.mozilla.org/ru/thunderbird</a>
Файл-менеджер	Far Manager	<a href="http://www.farmanager.com/download.php">http://www.farmanager.com/download.php</a>
Архиватор	7Zip	<a href="http://www.7-zip.org/">http://www.7-zip.org/</a>
Графический редактор	GIMP (GNU Image Manipulation Program)	<a href="http://www.gimp.org/">http://www.gimp.org/</a> <a href="http://gimp.ru/viewpage.php?page_id=8">http://gimp.ru/viewpage.php?page_id=8</a> <a href="https://ru.wikipedia.org/wiki/GIMP">https://ru.wikipedia.org/wiki/GIMP</a>
Редактор PDF	PDFCreator	<a href="http://www.pdfforge.org/pdfcreator">http://www.pdfforge.org/pdfcreator</a>
Аудиоплеер	VLC	<a href="http://www.videolan.org/vlc/">http://www.videolan.org/vlc/</a>

## 8. Оценочные средства по дисциплине

### **Паспорт оценочных средств по учебной дисциплине «Печи и сушила литейных цехов»**

Перечень компетенций (элементов компетенций), формируемых в результате освоения учебной дисциплины (модуля) или практики

№ п / п	Код контролир уемой компетен ции	Формулировка контролируемой компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Контролируемые темы учебной дисциплины, практики	Этапы формиров ания (семестр изучения)
1	ПК-3.	Проектирование литейного оборудования второй группы сложности	ПК-3.1. Разрабатывает технические и рабочие проекты литейного оборудования 2й группы сложности	Тема 2. Тепловые режимы работы плавильной печи Тема 3. Характеристики огнеупорных оболочек печного пространства Тема 4. Печные газы Тема 5. Основные зоны печного пространства и технологические устройства печей, схемы их расположения, оценка эффективности Тема 6. Энергетический баланс работы печного агрегата Тема 11. Печи шахтного типа. Вагранки Тема 12. Электро-дуговые печи Тема 13. Индукционные печи Тема 14. Аспекты безопасности и экологии работы печного хозяйства	7

				пространства Тема 10. Классификация по источнику генерации тепла	
--	--	--	--	--	--

**Показатели и критерии оценивания компетенций,  
описание шкал оценивания**

№ п/ п	Код контрол ируемой компете нции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Перечень планируемых результатов	Контролируемые темы учебной дисциплины	Наименовани е оценочного средства
1	ПК-3. Проектирование литьевого оборудования второй группы сложности	ПК-3.1. Разрабатывает технические и рабочие проекты литьевого оборудования 2й группы сложности  ПК-3.2. Разрабатывает документацию по использованию литьевого оборудования 2й группы сложности	знать: стандарты, нормативно-техническую документацию для проектирования литьевого оборудования 2й группы сложности; уметь: разрабатывать технические и рабочие проекты печного литьевого оборудования в соответствии с нормативной документацией; владеть: навыками разработки документации по использованию печного литьевого оборудования 2й группы сложности.	Тема 1. Технологические задачи печного хозяйства литейного цеха. Виды термических агрегатов Тема 2. Тепловые режимы работы плавильной печи Тема 3. Характеристики оgneупорных оболочек печного пространства Тема 4. Печные газы Тема 5. Основные зоны печного пространства и технологические устройства печей, схемы их расположения, оценка эффективности Тема 6. Энергетический баланс работы печного агрегата Тема 7. Классификация термических агрегатов по технологическому назначению Тема 8. Классификация печей по принципу действия и конструктивному исполнению	Вопросы к усвоению теоретического материала задания к практическим и лабораторным занятиям, темы к рефератам, вопросы к контрольным работам, тесты текущего контроля, вопросы к экзамену

				<p>Тема 9. Классификация печей по форме рабочего пространства</p> <p>Тема 10. Классификация по источнику генерации тепла</p> <p>Тема 11. Печи шахтного типа.</p> <p>Вагранки</p> <p>Тема 12. Электро-дуговые печи</p> <p>Тема 13. Индукционные печи</p> <p>Тема 14. Аспекты безопасности и экологии работы печного хозяйства</p>	
--	--	--	--	--	--

**Фонды оценочных средств по дисциплине  
«Печи и сушила литейных цехов»**  
**Вопросы для комбинированного контроля усвоения  
теоретического материала (устно или письменно):**

1. Перечислите основные технологические задачи печного хозяйства литейного цеха.
2. Какие иды термических агрегатов Вам известны?
3. Перечислите основные положения и законы нагрева различных материалов, в т.ч. и при изменении их агрегатного состояния.
4. Сформулируйте основные технологические и энергетические задачи, которые должны решаться в печах литейных цехов.
5. Перечислите и дайте определения основных характеристик современных печей, их параметры и технологические возможности.
6. Сформулируйте основы тепловой работы печей и зависимость их конструктивно-технологических схем от задач, поставленных перед ними.
7. Дайте характеристику конструкций современных печей и основных их систем, узлов и оборудования.
8. Перечислите основные материалы, применяемые для строительства, ремонта и эксплуатации печей в литейном производстве.
9. Дайте характеристику основных положений, требований и правил эксплуатации печного хозяйства.
10. Как классифицируются термические агрегаты в литейном производстве.
11. Проанализируйте основные технологические, энергетические и иные задачи печей с представлением современных требований к основным ее узлам, элементам и материалам.

12. Дайте анализ основных характеристик и параметров печей во взаимосвязи с их технологическими и энергетическими задачами.
13. Приведите классификацию печей по основным классификационным признакам с анализом их задач и конструктивных особенностей.
14. Дайте анализ конструктивно-технологических решений сушильных нагревательных и плавильных печей во взаимосвязи с основными тепловыми и температурными параметрами технологических процессов сушки, нагрева или плавки материалов.
15. Перечислите основные требования к печному хозяйству литейных цехов.
16. Сформулируйте основные технологические задачи, которые должна выполнять печь, в зависимости от вида тепловой обработки материала.
17. Сформулируйте основные энергетические задачи печного хозяйства литейных цехов.
18. Особенности нагрева термически "тонких" тел при постоянной температуре.
19. Особенности нагрева термически "массивных" тел при постоянной температуре.
20. Определение количества теплоты, необходимого для проведения тепловой обработки.
21. Дайте определение теплоемкости и удельной теплоемкости материалов.
22. Границные условия, применяемые при изучении тепловой работы печи.
23. Основные температурные режимы, применяемые при работе печей.
24. Одноступенчатый температурный режим печи.
25. Многоступенчатые температурные режимы печи.
26. Основные режимы теплообмена при тепловой работе печей.
27. Конвективный режим теплообмена.
28. Радиационный режим теплообмена печи.
29. Слоевой режим теплообмена печи.
30. Внутренний режим теплообмена печи.
31. Общая характеристика оgneупорной оболочки печного пространства.
32. Роль печных газов в технологии тепловой обработки материалов.
33. Печные газы – как экологически вредные выбросы в атмосферу.
34. Основные зоны печного пространства и технологические устройства печей.
35. Топливо-энергетический баланс и основные характеристики технологического топлива.
36. Классификация технологического топлива и основные требования, предъявляемые к нему.
37. Основные теплотехнические характеристики технологического топлива.
38. Теоретический расход воздуха на горение.
39. Коэффициент расхода воздуха.
40. Температура воспламенения и вспышки.
41. Перспективы использования естественного топлива.
42. Основные параметры печей.

43. Количественные и геометрические параметры работы печей.
44. Теплотехнические параметры работы печей.
45. Энергетический КПД печей.
46. Общие требования безопасности к печам литейных цехов.
47. Общая классификация и конструктивно-технологические особенности печей.
48. Классификация печей по технологическому назначению.
49. Классификация печей по принципу действия и конструктивному исполнению.
50. Классификация печей по форме рабочего пространства.
51. Классификация печей по источнику теплогенерации.
52. Топливные печи.
53. Электрические печи.
54. Индукционные печи.
55. Электрошлаковые печи.
56. Классификация печей по режимам тепловой работы.
57. Классификация печей по способам загрузки материала и его передвижения в рабочем пространстве.
58. Классификация печей по наведению печной атмосферы.
59. Вакуумные индукционные печи.
60. Вакуумные дуговые печи.
61. Классификация печей по способам утилизации теплоты отработанных печных газов.
62. Размеры рабочего пространства печи.
- 63 Обозначение печей.

*Критерии и шкала оценивания по оценочному средству –  
комбинированный контроль усвоения теоретического материала*

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
5	Ответ дан на высоком уровне (студент в полном объеме осветил рассматриваемую проблематику, привел аргументы в пользу своих суждений, владеет профильным понятийным (категориальным) аппаратом и т.п.)
4	Ответ дан на среднем уровне (студент в целом осветил рассматриваемую проблематику, привел аргументы в пользу своих суждений, допустив некоторые неточности и т.п.)
3	Ответ дан на низком уровне (студент допустил существенные неточности, изложил материал с ошибками, не владеет в достаточной степени профильным категориальным аппаратом и т.п.)
2	Ответ дан на неудовлетворительном уровне или не представлен (студент не готов, не выполнил задание и т.п.)

**Задания к лабораторным работам и практическим занятиям:**

1. Огнеупорные оболочки плавильных агрегатов.

Дайте характеристику основных огнеупорных материалов, использующихся в плавильных агрегатах: определите понятие «огнеупорные материалы», их виды, формованные и не формованные огнеупорные материалы, алюмосиликатные огнеупорные материалы, шамотные огнеупорные материалы, магнезиальные огнеупорные материалы, вспомогательные огнеупорные материалы (алюмопериклазовые огнеупоры, периклазохромитовые огнеупорные изделия, смоломагнезитовые огнеупоры, оксидные огнеупоры, углеродсодержащие огнеупоры). По результатам сравнительного анализа дайте рекомендации о возможности и предпочтениях их применения в тех или иных плавильных агрегатах.

#### Контрольные вопросы

1. Какие материалы используются в качестве огнеупорных оболочек плавильных агрегатов в литейном производстве?
2. Какие факторы определяют выбор огнеупорных материалов для плавильных агрегатов в литейном производстве?
3. Как огнеупорные материалы влияют на качество металла?

#### 2. Уравнение теплового баланса работы печи.

Для заданного преподавателем плавильного агрегата произвести топливо-энергетический баланс и основные характеристики технологического процесса плавки. Дать классификацию технологического топлива и основные требования, предъявляемые к нему. Перечислить основные теплотехнические характеристики технологического топлива. Произвести оценку теоретического расхода воздуха на горение. Рассчитать коэффициент расхода воздуха. Результаты свести в итоговую таблицу. Сделать выводы и рекомендации по исследуемому процессу.

#### Контрольные вопросы

1. Что характеризует уравнение теплового баланса?
2. Принцип построения уравнения теплового баланса?
3. Условия теплового баланса.
4. Как уравнение теплового баланса связано с законом сохранения энергии?

#### 3. Параметры работы печи.

Для заданного печного агрегата определить количественные и геометрические параметры его работы. Теплотехнические параметры работы. Энергетический КПД печей. Сделать выводы и рекомендации по исследуемому процессу.

#### Контрольные вопросы

1. Что включают параметры работы печи?
2. Что такое энергетический КПД печи?
3. Охарактеризуйте показатель производительности печи.
4. Дайте понятие тепловой нагрузке печи.
4. Рабочее пространство печей.

По форме рабочего пространства печи подразделяют на ванные, тигельные, шахтные, шахтно-ванные, барабанные и камерного типа. Как правило, ванные, тигельные и шахтные печи используют для плавки литейных сплавов. Для заданной модели печного агрегата охарактеризовать его конструктивные особенности, функциональность, особенности применения, произвести сравнение с другими конструктивными типами, дать аргументированные рекомендации для рационального применения при плавке тех или иных литейных сплавов. Результаты свести в итоговую таблицу.

#### Контрольные вопросы

1. Дайте определение рабочему пространству печи.
  2. Виды рабочего пространства печи.
  3. Конструктивные особенности рабочего пространства печи.
  4. Условия эксплуатации рабочего пространства печи.
5. Изучение и конструктивные особенности работы вагранки.

Дать общую характеристику получения сплавов в вагранках. Привести конструктивные особенности вагранок, области их применения, классификацию, достоинства и недостатки процесса плавки, оценить вопросы технологической эффективности и экологической безопасности. Результаты свести в таблицу.

#### Контрольные вопросы

1. Что такое вагранка?
2. Области применения вагранок.
3. Конструктивные особенности вагранок.

6. Изучение конструктивные особенности работы электродуговой печи.

Дать общую характеристику получения сплавов в электродуговых печах. Привести конструктивные особенности этих печей, области их применения, классификацию, достоинства и недостатки процесса плавки, оценить вопросы технологической эффективности и экологической безопасности. Результаты свести в таблицу.

#### Контрольные вопросы

1. Какие печи относят к электродуговым?
2. Типовое устройство электродуговой печи.
3. Принцип работы.
4. Виды электродуговых печей

7. Изучение и конструктивные особенности работы индукционной печи.

Дать общую характеристику получения сплавов в индукционных печах. Привести конструктивные особенности индукционных печей, области их применения, классификацию, достоинства и недостатки процесса плавки, оценить вопросы технологической эффективности и экологической безопасности. Результаты свести в таблицу.

## Контрольные вопросы

1. Принцип работы индукционной печи.
- 2 Назначение.
3. Конструктивные особенности.

## Критерии и шкала оценивания по оценочному средству – *лабораторная работа и практическое занятие*

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
5	Задание выполнено на высоком уровне (студент в полном объеме осветил рассматриваемую проблематику, привел аргументы в пользу своих суждений, владеет профильным понятийным (категориальным) аппаратом и т.п.)
4	Задание выполнено на среднем уровне (студент в целом осветил рассматриваемую проблематику, привел аргументы в пользу своих суждений, допустив некоторые неточности и т.п.)
3	Задание выполнено на низком уровне (студент допустил существенные неточности, изложил материал с ошибками, не владеет в достаточной степени профильным категориальным аппаратом и т.п.)
2	Задание выполнено на неудовлетворительном уровне или не представлен (студент не готов, не выполнил задание и т.п.)

### Темы рефератов:

1. Плавильные агрегаты в литейном производстве.
2. Сушки в литейном производстве.
3. Огнеупорные материалы для печных агрегатов.
4. Уравнение теплового баланса печи.
5. Печи для проведения термической обработки отливок.
6. Энергетический баланс работы печного агрегата.
7. Параметры работы печи.
8. Горение топлива в плавильном агрегате.
9. Металлургические процессы при производстве сплавов
10. Технологические задачи печного хозяйства литейного цеха. Виды термических агрегатов.
11. Печные газы
12. Основные зоны печного пространства и технологические устройства печей, схемы их расположения, оценка эффективности
13. Классификация термических агрегатов по технологическому назначению.
14. Классификация печей по принципу действия и конструктивному исполнению.
15. Классификация печей по форме рабочего пространства.
16. Классификация по источнику генерации тепла
- 17.Печи шахтного типа. Вагранки.
18. Электродуговые печи

19. Индукционные печи.

20. Характеристики работы печи: классификация видов топлива, теплотворность топлива, коэффициент расхода воздуха, температура продуктов горения, температура воспламенения и вспышки, удобство сжигания, вредные примеси.

21. Обозначение и маркировка печей.

22. Печная атмосфера, способы регулирования и управления

23. Утилизация теплоты и отработанных печных газов.

24. Ассортимент и виды термических агрегатов в литейном производстве.

25. Аспекты безопасности и экологии работы печного хозяйства

#### Критерии и шкала оценивания по оценочному средству – реферат

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
5	Реферат представлен на высоком уровне (студент в полном объеме осветил рассматриваемую проблематику, привел аргументы в пользу своих суждений, владеет профильным понятийным (категориальным) аппаратом и т.п.). Оформлен в соответствии с требованиями, предъявляемыми к данному виду работ.
4	Реферат представлен на среднем уровне (студент в целом осветил рассматриваемую проблематику, привел аргументы в пользу своих суждений, допустив некоторые неточности и т.п.). В оформлении допущены некоторые неточности в соответствии с требованиями, предъявляемыми к данному виду работ.
3	Реферат представлен на низком уровне (студент допустил существенные неточности, изложил материал с ошибками, не владеет в достаточной степени профильным категориальным аппаратом и т.п.). В оформлении допущены ошибки в соответствии с требованиями, предъявляемыми к данному виду работ.
2	Реферат представлен на неудовлетворительном уровне или не представлен (студент не готов, не выполнил задание и т.п.)

#### Вопросы к экзамену:

1. Перечислите основные технологические задачи печного хозяйства литейного цеха.
2. Какие виды термических агрегатов Вам известны?
3. Перечислите основные положения и законы нагрева различных материалов, в т.ч. и при изменении их агрегатного состояния.
4. Сформулируйте основные технологические и энергетические задачи, которые должны решаться в печах литейных цехов.
5. Перечислите и дайте определения основных характеристик современных печей, их параметры и технологические возможности.
6. Сформулируйте основы тепловой работы печей и зависимость их конструктивно-технологических схем от задач, поставленных перед ними.

7. Дайте характеристику конструкций современных печей и основных их систем, узлов и оборудования.
8. Перечислите основные материалы, применяемые для строительства, ремонта и эксплуатации печей в литейном производстве.
9. Дайте характеристику основных положений, требований и правил эксплуатации печного хозяйства.
10. Как классифицируются термические агрегаты в литейном производстве.
11. Проанализируйте основные технологические, энергетические и иные задачи печей с представлением современных требований к основным ее узлам, элементам и материалам.
12. Дайте анализ основных характеристик и параметров печей во взаимосвязи с их технологическими и энергетическими задачами.
13. Приведите классификацию печей по основным классификационным признакам с анализом их задач и конструктивных особенностей.
14. Дайте анализ конструктивно-технологических решений сушильных нагревательных и плавильных печей во взаимосвязи с основными тепловыми и температурными параметрами технологических процессов сушки, нагрева или плавки материалов.
15. Перечислите основные требования к печному хозяйству литейных цехов.
16. Сформулируйте основные технологические задачи, которые должна выполнять печь, в зависимости от вида тепловой обработки материала.
17. Сформулируйте основные энергетические задачи печного хозяйства литейных цехов.
18. Особенности нагрева термически "тонких" тел при постоянной температуре.
19. Особенности нагрева термически "массивных" тел при постоянной температуре.
20. Определение количества теплоты, необходимого для проведения тепловой обработки.
21. Дайте определение теплоемкости и удельной теплоемкости материалов.
22. Границные условия, применяемые при изучении тепловой работы печи.
  
23. Основные температурные режимы, применяемые при работе печей.
24. Одноступенчатый температурный режим печи.
25. Многоступенчатые температурные режимы печи.
26. Основные режимы теплообмена при тепловой работе печей.
27. Конвективный режим теплообмена.
28. Радиационный режим теплообмена печи.
29. Слоевой режим теплообмена печи.
30. Внутренний режим теплообмена печи.
31. Общая характеристика оgneупорной оболочки печного пространства.
32. Роль печных газов в технологии тепловой обработки материалов.
33. Печные газы – как экологически вредные выбросы в атмосферу.

34. Основные зоны печного пространства и технологические устройства печей.
35. Топливо-энергетический баланс и основные характеристики технологического топлива.
36. Классификация технологического топлива и основные требования, предъявляемые к нему.
37. Основные теплотехнические характеристики технологического топлива.
38. Теоретический расход воздуха на горение.
39. Коэффициент расхода воздуха.
40. Температура воспламенения и вспышки.
41. Перспективы использования естественного топлива.
42. Основные параметры печей.
43. Количественные и геометрические параметры работы печей.
44. Теплотехнические параметры работы печей.
45. Энергетический КПД печей.
46. Общие требования безопасности к печам литьевых цехов.
47. Общая классификация и конструктивно-технологические особенности печей.
48. Классификация печей по технологическому назначению.
49. Классификация печей по принципу действия и конструктивному исполнению.
50. Классификация печей по форме рабочего пространства.

### **Тесты для текущего контроля**

#### **Задания закрытого типа на выбор правильного ответа**

*Выберите один правильный ответ*

1. На какие составляющие разделяют компоненты топлива?  
А) горючие и не горючие;  
Б) органические;  
В) не органические.
2. Оцените количество теплоты, выделяемое при не полном сгорании углерода?  
А) три четверти;  
Б) менее одной трети;  
В) половина.
3. Из каких компонентов состоит негорючий состав топлива?  
А) из минеральных примесей, золы и влаги;  
Б) полезные ископаемые;  
В) наличие специализированного оборудования и сырье для его функционирования;

4. В каких единицах измеряют содержание компонентов при анализе газообразного топлива?

- А) в килограммах;
- Б) в объемных процентах;
- С) в метрах кубических.

5. В чем измеряется удельная теплота сгорания топлива?

- А) в Дж/кг;
- Б) в градусах Цельсия;
- С) в процентах.

6. Как различают/классифицируют теплоту сгорания топлива?

- А) с учетом конденсации паров воды;
- Б) различают на высшую и низшую;
- В) без учета конденсации паров воды;

7. Как классифицируют/различают температуру горения топлива?

- А) калориметрическая, теоретическая, практическая;
- Б) температура плавления и температура кристаллизации;
- В) температура воспламенения и температура испарения;

8. Назовите способы сжигания твердого топлива?

- А) в закрытом и открытом пространстве;
- Б) в тонком слое, в толстом слое, в пылевидном состоянии;
- В) продувкой газами.

9. На чем основан принцип действия электронагревателей?

- А) на электрическом сопротивлении электрическому току;
- Б) на сгорании топлива;
- В) на принципах электродинамики.

10. Какими свойствами обладают сплавы используемые для электросопротивлений?

- А) высокой плотностью и твердостью;
- Б) высокой жаростойкостью и высоким электрическим сопротивлением;
- В) не высокой ценой и доступностью на рынке.

Выберите все правильные варианты ответов

11. Для сжигания жидкого топлива в литейных печах необходимо:

- А) хорошее распыление;
- Б) производственную инфраструктуру;
- В) предварительный подогрев;
- Г) подбор материалов;
- Д) профильное законодательство;

12. В вагранках происходит горение топлива, которое характеризуется:

- А) топливом является кокс;
- Б) главной горючей составляющей топлива является твердый углерод;
- В) горение осуществляется в толстом слое;
- Г) источником горения является электрическое сопротивление.

13. Механизм горения кокса в вагранке состоит из определенных зон:

- А) Кислородной зоны;
- Б) редукционной зоны;
- В) верхней зоны и нижней зоны;
- Г) зоны подготовки и зоны сгорания.

14. Различают следующие разновидности температуры горения топлива

- А) калориметрическую;
- Б) теоретическую;
- В) практическую;
- Г) насыщения;
- Д) температуру перегрева;

15. Тонкий слой топлива сгорает:

- А) в электропечи;
- Б) на колосниках;
- В) в простых топках;
- Г) в полугазовых топках;
- Д) при загрузке.

16. Процесс сжигания жидкого топлива в печах и сушилах предполагает:

- А) использование природного газа;
- Б) использование дизельного топлива;
- В) использование мазута;
- Г) давление на форсунках равное 0,01....0,02 МПа;
- Д) распыление горячим воздухом.

17. Для расчёта теплоты сгорания топлива необходимо:

- А) произвести практические замеры температуры;
- Б) знать температуру нагрева;
- В) справочные теплофизические данные (теплоты сгорания химических элементов);
- Г) содержание элементов в топливе в процентах;
- Д) влажность топлива в процентах

18. Перечислите типы горелок в зависимости от степени подготовки горючей смеси:

- А) без предварительного смешения;

- Б) с неполным предварительным смешением;
- В) с полным предварительным смешением;
- Г) без смешения;
- Д) с частичной подачей первичного воздуха.

19. При нагреве металла в среде защитных газов:

- А) применяют кислород;
- Б) проводят предварительный подогрев;
- В) не допустимо попадание продуктов горения в рабочее пространство печи;
- Г) используют радиантные трубы;
- Д) жидкое или газообразное топливо сжигают в радиантных трубах.

20. Твердое топливо в литейных цехах используют:

- А) только при плавке чугуна;
- Б) при плавке в вагранках;
- В) при плавке стали;
- Г) при плавке алюминиевых сплавов;
- Д) в виде кокса.

21. Тепловой баланс печи является выражением закона сохранения энергии и для промышленных печей состоит из:

- А) приходной части;
- Б) теплофизической части;
- В) характеристик печного агрегата;
- Г) характеристик применяемого топлива;
- Д) расходной части.

22. Минимизация потерь тепла при разогреве печи периодического действия состоит:

- А) установление теплозащиты;
- Б) переход на иные виды топлива;
- В) путем использования в непрерывном цикле производства отливок;
- Г) минимизация «горячих» простоев печи;
- Д) оптимизация работы персонала, путем задействования на смежных операциях.

23. При обеспечении сокращения потерь тепла уносимого шлаками используют следующие приемы:

- А) использованием возврата максимально очищенного от пригары;
- Б) запретом на использование не полностью очищенного возврата при литье песчано-глинистые формы.
- В) только чистые исходные шихтовые материалы;
- Г) снижением температуры плавки.

24. Какие теплообменники относятся к устройствам для использования тепла уходящих газов ?
- А) радиаторы;  
Б) конвекторы;  
В) теплообменники регенеративного типа;  
Г) теплообменники рекуперативного типа

**Задания закрытого типа на установление соответствия**

*Установите правильное соответствие.*

*Каждому элементу левого столбца соответствует один элемент правого столбца.*

1. Установите соответствие между названием печей и сплавов которые преимущественно в них выплавляют:

- |                        |   |
|------------------------|---|
| 1) Вагранки            | A) цветные сплавы,                            |
| 2) Электродуговые печи | Б) сталь,                                     |
| 3) тигель              | В) чугун,<br>организационные, технологические |

2. Установите соответствие между приведенными характеристиками:

- |                           |   |
|---------------------------|---|
| 1) Термический КПД        | A) отношение полезного тепла ко всей приходной части теплового баланса        |
| 2) Эффективный КПД        | Б) отношение полезного тепла к теплу, поступающему в печь от сжигания топлива |
| 3) Электрический КПД печи | В) показатель эффективности преобразования электрической энергии в тепловую   |

3. Установите соответствие применения маркировки оgneупорных наполнителей для футеровки вагранки и их физико-химических характеристик:

- |        |  |
|--------|--|
| 1) ШАВ | A) шамотные изделия с оgneупорностью не ниже 1670 °C   |
| 2) ШБВ | Б) шамотные изделия с оgneупорностью не ниже 1730 °C, используют для футеровки горна, плавильного пояса и фурменной зоны |
| 1) ПБВ | В) полукислые изделия с оgneупорностью не ниже 1670 °C   |

4. Установите содержательное соответствие разновидностям футеровки печи:

- |                     |   |
|---------------------|---|
| 1) Кислая футеровка | A) состоящая из материалов в виде песка, кремнесодержащей горной породы или |
|---------------------|---|

- кирпичей на основе кремнезёма, которые дают кислотную реакцию при рабочей температуре.
- 2) Щелочная футеровка Б) материал, который не вступает в химическую реакцию с расплавленным металлом или шлаком.
- 3) Нейтральная футеровка В) состоит в основном из оксида магния. ( $MgO$ ), что придает им щелочные свойства.

**Задания закрытого типа на установление правильной последовательности**

*Установите правильную последовательность.*

*Запишите правильную последовательность букв слева направо.*

1. Сформулируйте алгоритм последовательности загрузки шихты в дуговую печь:
  - А) опускают электроды;
  - Б) поднимают свод печи вместе с электродами;
  - В) отводят свод с электродами в сторону рабочего окна для удаления шлака;
  - Г) загружают шихту;
  - Д) поворачивают свод в исходное положение;
2. Установите обобщенную последовательность процесса осуществления плавки, обеспечивающую качественное получение сплава:
  - А) расчет шихты
  - Б) получение технического задания
  - В) шихтовка материалов
  - Г) загрузка шихтовых материалов в печь
  - Д) определение последовательности загрузки компонентов
  - Е) запуск /разогрев печи до требуемой температуры
  - Ж) проведение плавки в соответствии технологическому регламенту
  - З) выпуск металла и его последующее применение
3. Для анализа ресурсоэффективности процесса получения отливки, установите последовательность тепловых процессов в литейной форме после заливки:
  - А) Охлаждение
  - Б) Кристаллизация
  - Б) Затвердевание
  - Г) Образование остаточных напряжений

4. Для обеспечения эффективного и рационального использования шихтовых материалов, определить в какой последовательности, при автоматизации плавки, вводят раскислители в сталь?

- A) Al
- Б) FeSi
- В) FeMn

### **Задания открытого типа на дополнение**

*Напишите пропущенное слово (словосочетание)*

1. В электродуговых печах, материал \_\_\_\_\_ должен обладать хорошей электропроводностью и выдерживать высокие температуры.

2. В литейном производстве для плавки чугуна и стали используются одинаковые по конструкции трехфазные \_\_\_\_\_ печи.

3. Для плавки небольших количеств легкоплавких сплавов используются \_\_\_\_\_ печи с чугунным или стальным тигелем работающие на газе, мазуте или дизельном топливе.

4. При ускоренном автоматическом контроле макроструктуры слитка фиксируются, объёмная усадка проявляется в виде крупных пустот - \_\_\_\_\_ и многочисленных мелких пор-  
\_\_\_\_\_.

5. При рациональном проектировании и изготовлении отливок стремятся вывести усадочную раковину в дополнительный объём, называемый \_\_\_\_\_.

6. Глубокий \_\_\_\_\_ сульфидных концентратов в производстве цинка, никеля, меди и других цветных металлов ускоряет процесс, уменьшает пылеунос ценного сырья и улучшает качество полученного материала.

7. Применение \_\_\_\_\_ дутья в чёрной, цветной металлургии, ведет к значительной экономии топливо-сырьевых ресурсов.

8. Внедрение \_\_\_\_\_ процессов, в частности, процесса – кислородно-факельной плавки – позволяет получать богатые штейны с высоким содержанием меди и глубокой десульфиризацией.

9. В настоящее время, в литейном и металлургическом производствах, отсутствует единая система \_\_\_\_\_ и \_\_\_\_\_ условий жизнедеятельности и борьбы с загрязнением окружающей среды.

10. Получение качественного чугуна для отливок зависит от многих факторов, основные из которых – использование качественных \_\_\_\_\_ материалов , прогрессивного плавильного оборудования, технологий плавки и внепечной обработки.

### **Задание открытого типа с кратким свободным ответом**

*Напишите пропущенное слово (словосочетание)*

1. На смену никелевым и хромоникелевым сталим пришли \_\_\_\_\_, хромомолибденовые, хромоникельмолибденовые и сложнолегированные боросодержащие стали, отличающиеся повышенными эксплуатационными свойствами.

2. Особенностью бора является высокая эффективность его малых добавок, измеряемых тысячными долями процента, именно бору металловедение обязано возникновением нового направления в учении о специальных сортах стали – \_\_\_\_\_.

3. При равной прокаливаемости с обычными никельсодержащими конструкционными сталими бористые стали не только более экономичны, но и легче \_\_\_\_\_ на станках, лучше свариваются.

4. Микролегирование бором получило общее признание и применяется для производства \_\_\_\_\_ фасонных отливок, конструкционной и жаропрочной сталей.

5. Сталь хромансил (30ХГСЛ) комплексно легирована добавками \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ и \_\_\_\_\_, что придаёт ей высокую прочность и прокаливаемость.

6. \_\_\_\_\_ подвергается термической обработке – закалке с последующим средним или высоким отпуском, она обладает хорошей \_\_\_\_\_, позволяющей получать отливки с минимальной толщиной стенки до 4 мм.

7. Хромоникелевые стали (30ХНМЛ и др.) по комплексу механических свойств занимают одно из первых мест среди \_\_\_\_\_ сталей.

8. В настоящее время ни один литейный конструкционный материал не может сравниться с \_\_\_\_\_ (ВЧШГ) по разнообразию его технического применения и экономическим показателям, получаляемым при дальнейшей эксплуатации деталей из этого чугуна.

9. При изготовлении из \_\_\_\_\_ чугуна с шаровидным графитом коленчатых валов расход материала на заготовки снижается на 24 – 56 %,

уменьшается масса готового вала на 13 – 24 %, значительно снижается трудоёмкость механической обработки и более чем в два раза сокращается расход металла в стружку.

10. Применение высокопрочного чугуна (ВЧ) находит большое применение в труболитейном производстве благодаря высоким литейным свойствам, он обладает также повышенной коррозионной стойкостью.

11. Применение чугуна с шаровидным графитом, материала с высокими прочностными и пластическими показателями, взамен обычного серого чугуна с пластинчатым графитом позволяет снизить \_\_\_\_\_ продукции за счёт уменьшения толщины стенок трубы.

12. Литейные магниевые сплавы плотностью 1810 – 1860 кг/м<sup>3</sup> позволяют снизить массу \_\_\_\_\_ на 25 – 30 % по сравнению с конструкциями из алюминиевых сплавов.

13. Новым современным требованиям отвечают сплавы системы магний-цирконий с добавками цинка, неодима, лантана, индия, иттрия, наличие \_\_\_\_\_ в магниевых сплавах обеспечивает значительное измельчение зерна, связывание и выведение из расплава вредных примесей железа, кремния, никеля, водорода, получение высоких однородных механических свойств и герметичности отливок.

14. Жаропрочные сплавы МЛ19, ВМЛ17 (системы магний-неодим-ванадий-цирконий) малосклонны к образованию микро-рыхлот и обеспечивают высокую герметичность отливок, по этой причине, литые детали сложной конфигурации из этих сплавов отличаются высокой стабильностью размеров и применяются в \_\_\_\_\_.

*Дайте ответ на вопрос.*

16. Перечислите подходы к утилизации отходов литейных печей?

17. В чем состоит прямое использование отходов литейных печей?

18. В каком случае возможна прямая переработка отходов литейных печей?

**Практическое задание:**

1. Используя формулу Д.И. Менделеева, приведите обобщенную формулу расчета удельной теплоты Q<sub>н</sub> сгорания твердого топлива, если оно содержит углерод (С, удельная теплота сгорания 339кДж/кг), водород (Н удельная теплота сгорания 1260кДж/кг), кислород (О удельная теплота

сгорания 109кДж/кг), серу (S удельная теплота сгорания 109кДж/кг), а влажность составляет W%.

2. Перечислите известные Вам способы сокращения потерь тепла в литейных и металлургических печах.

**Критерии и шкала оценивания по оценочному средству – экзамен**

Шкала оценивания	Характеристика знания предмета и ответов
отлично (5)	Студент глубоко и в полном объеме владеет программным материалом. Грамотно, исчерпывающе и логично его излагает в устной или письменной форме. При этом знает рекомендованную литературу, проявляет творческий подход в ответах на вопросы и правильно обосновывает принятые решения, хорошо владеет умениями и навыками при выполнении практических задач
хорошо (4)	Студент знает программный материал, грамотно и по сути излагает его в устной или письменной форме, допуская незначительные неточности в утверждениях, трактовках, определениях и категориях или незначительное количество ошибок. При этом владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических задач.
удовлетворительно (3)	Студент знает только основной программный материал, допускает неточности, недостаточно четкие формулировки, непоследовательность в ответах, излагаемых в устной или письменной форме. При этом недостаточно владеет умениями и навыками при выполнении практических задач. Допускает до 30% ошибок в излагаемых ответах.
неудовлетворительно (2)	Студент не знает значительной части программного материала. При этом допускает принципиальные ошибки в доказательствах, в трактовке понятий и категорий, проявляет низкую культуру знаний, не владеет основными умениями и навыками при выполнении практических задач. Студент отказывается от ответов на дополнительные вопросы.

## **Лист изменений и дополнений**

№ п/п	Виды дополнений и изменений	Дата и номер протокола заседания кафедры (кафедр), на котором были рассмотрены и одобрены изменения и дополнения	Подпись (с расшифровкой) заведующего кафедрой (заведующих кафедрами)