

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Воронежский государственный технический университет»



УТВЕРЖДАЮ  
Декан ФМАТ В.И. Ряжских  
«31» августа 2019 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА  
дисциплины**

**«Теория литейных процессов»**

**Направление подготовки 22.03.02 МЕТАЛЛУРГИЯ**

**Профиль Технология литейных процессов**

**Квалификация выпускника бакалавр**

**Нормативный период обучения 4 года**

**Форма обучения очная**

**Год начала подготовки 2019**

Автор программы \_\_\_\_\_ / А.В. Миленин /

Заведующий кафедрой  
технологии сварочного  
производства и диагностики \_\_\_\_\_ / В.Ф. Селиванов /

Руководитель ОПОП \_\_\_\_\_ / Л.С. Печенкина /

Воронеж 2019

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

### 1.1. Цели дисциплины

Изучения дисциплины направлено на усвоении студентами базовых знаний о явлениях и процессах, имеющих место при получении отливок различными способами из литейных металлов и сплавов. Рассматриваются закономерности формирования отливок с момента приготовления жидкого расплава до охлаждения твердой заготовки; литейные свойства, проявляющихся при течении жидкого металла, его кристаллизации, затвердевании и охлаждения; взаимосвязи технологических параметров и показателей качества литой заготовки.

### 1.2. Задачи освоения дисциплины

Овладение студентами принципами и практическими навыками управления процессами формирования отливок с учетом особенностей различных технологий и отдельных производственных операций.

В результате изучения дисциплины обучающийся должен знать физическую сущность процессов формирования структуры и свойств отливок; литейные свойства металлов и сплавов; влияние технологических режимов и параметров на показатели качества литых заготовок; причины возникновения литейных дефектов.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Теория литейных процессов» относится к дисциплинам вариативной части (дисциплина по выбору) блока Б1.

## 3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Теория литейных процессов» направлен на формирование следующих компетенций:

ПК-4 - готовностью использовать основные понятия, законы и модели термодинамики, химической кинетики, переноса тепла и массы

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ПК-4	знать - основные теоретические положения и базовые понятия литейных процессов и технологий; - теоретические основы теплофизического, физико-химического взаимодействия расплава и формы; - гидравлические и газодинамические закономерности и явления, протекающие с момента приготовления жидкого металла до охлаждения твердой заготовки; - взаимосвязи технологических параметров и показателей качества литой продукции.
	уметь - описывать литейный процесс на основе

	<p>комплексного знания и понимания теории кристаллизации, теплофизических, физико-химических и гидравлических процессов, протекающих в литейной форме</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- анализировать взаимосвязи процессов, протекающих при формировании отливки, свойств материалов литейных форм и металла с качеством литейной продукции;</li> <li>- выполнять расчеты процессов и конструктивных элементов литейной формы;</li> <li>- анализировать гидродинамические, кристаллизационные, тепловые процессы при помощи программных модулей;</li> <li>- использовать результаты моделирования литейных процессов для анализа и контроля качества литья в практической инженерной деятельности при разработке технологических процессов литья.</li> </ul>
	<p>владеть</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками управления процессами формирования отливок;</li> <li>- навыками выбора и обоснования технологических режимов литья для обеспечения заданного качества отливок.</li> <li>- методами и методиками расчета технологических процессов и конструктивных элементов литейной формы.</li> </ul>

#### 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Теория литейных процессов» составляет 5 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий  
**очная форма обучения**

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		5
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	54	54
В том числе:		
Лекции	18	18
Лабораторные работы (ЛР)	36	36
<b>Самостоятельная работа</b>	90	90
Часы на контроль	36	36
Виды промежуточной аттестации - экзамен	+	+
Общая трудоемкость:		
академические часы	180	180
зач.ед.	5	5

## 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

### 5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

#### очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	<b>Свойства и строение металлических расплавов</b>	Структура металлической жидкости. Модели жидкого состояния. Анализ фазовых превращений на основе кластерной модели жидкости. Расплав как реологическое тело. Неньютоновские жидкости (тела Максвелла, Бингама, Шведова). Применимость законов гидравлики к металлическим расплавам как ньютоновским жидкостям. Свойства жидкостей: плотность, вязкость, электропроводность, давление пара, теплофизические свойства, поверхностное натяжение, смачивание. Температурная зависимость свойств жидкостей. Взаимосвязь жидкого и твердого состояния. Наследственность расплавов.	4	6	14	24
2	<b>Процессы приготовления литейных сплавов.</b>	Взаимодействие металлических расплавов с газами (водородом, кислородом, азотом, сложными газами) и огнеупорными материалами. Экзогенные и эндогенные включения в сплавах. Растворимость газов в жидком и твердом состоянии. Выделение газов при кристаллизации расплава. Формирование газовых дефектов. Адсорбционные методы рафинирования: продувкой газами, шлаками, флюсами, использование активных фильтров. Уравнение Стокса. Неадсорбционные методы рафинирования: ультразвуком, вакуумированием, пассивные фильтры. Раскисление расплава	4	6	14	24
3	<b>Гидравлические процессы в литейной форме.</b>	Гидростатика. Уравнение Архимеда. Парадокс Паскаля. Расчет давления жидкости на стенки формы. Нагружение литейной формы. Изотермическая гидродинамика. Расход, средняя скорость и элементы поперечного сечения потока. Уравнение Бернулли для установившегося движения жидкости. Давление свободной струи на твердые стенки. Истечение жидкости из насадок, под затопленный уровень. Уравнения движения вязкой жидкости (уравнение Навье-Стокса). Гидравлические сопротивления и потери напора потока жидкого металла. Неизотермическая гидродинамика. Расчет продолжительности заполнения формы металлом. Жидкотекучесть металлов и сплавов. Технологические пробы на жидкотекучесть и методы ее оценки. Связь жидкотекучести с положением сплавов двойных систем на диаграммах состояния. Заполняемость формы жидким металлом. Технологические факторы, влияющие на заполняемость. Мероприятия, направленные на улучшение заполняемости. Конструирование литниковых систем. Сужающиеся и расширяющиеся	4	6	14	24

		литниковые системы. Методы расчета элементов литниковых систем. Шлакоотделение. Механизм удержания шлаковых частиц в литниковой системе. Предупреждение разряжения в литниковых системах. Формовочные смеси как композиционные материалы. Модели пористых сред. Идеальный грунт. Фиктивный грунт. Коэффициент проницаемости. Уравнение Дарси, Лейбензона. Газовая среда литейной формы. Газовое давление в литейной форме. Газовые дефекты в отливках. Мероприятия по предупреждению газовых дефектов в отливках.				
4	<b>Кристаллизационные процессы.</b>	Термодинамические условия процесса кристаллизации как фазового перехода I рода. Кристаллизация металлов. Гомогенное зарождение кристаллов. Флуктуационное образование центров кристаллизации. Расчет размера и работы образования центров кристаллизации. Рост кристаллов. Параметры кристаллизации и их зависимость от переохлаждения (кривые Таммана). Гетерогенное зарождение кристаллов. Принцип структурного соответствия применительно к гетерогенным центрам кристаллизации. Форма кристаллов. Кристаллизация сплавов твердых растворов. Температурный и концентрационный интервалы кристаллизации. Коэффициент распределения. Темп кристаллизации. Модели неравновесной кристаллизации. Диффузионное переохлаждение. Дендритная ликвация. Кристаллизация эвтектических сплавов. Кристаллизация при высоких скоростях охлаждения. Аморфные сплавы. Управление процессом формирования кристаллической структуры сплавов в отливках. Модифицирование. Суспензионная заливка. Температурно-временная обработка расплава. Заливка начавшим кристаллизоваться расплавом («реокаст» - процесс). Применение вибрации, ультразвука, электромагнитных полей. Зональная ликвация в отливках. Мероприятия, направленные на уменьшение химической неоднородности отливок. Неметаллические включения в отливках и мероприятия для их предотвращения. Газы в литейных сплавах и их поведение при кристаллизации.	2	6	16	24
5	<b>Тепловые и усадочные процессы. Затвердевание отливок.</b>	Тепловые процессы на границах раздела. Уравнение Ньютона. Уравнение Фурье. Граничные условия теплообмена между отливкой и формой. Формирование усадочного зазора. Теплопередача в зазоре. Теплоотдача от поверхности формы в окружающую среду. Температуропроводность формовочных и стержневых смесей. Формирование термического пригара. Методы исследования процессов	4	12	32	48

		<p>затвердевания и охлаждения отливок. Затвердевание отливок из чистых, эвтектических, широко интервальных сплавов. Область затвердевания и ее строение. Граница выливаемости, питания. Взаимосвязь строения области затвердения с литейными свойствами. Закон квадратного корня (допущения, исходная расчетная схема, решение). Коэффициент затвердевания. Влияние конфигурации отливки на кинетику и продолжительность затвердевания. Приведенная толщина отливки. Соотношение продолжительности затвердевания отливок различной конфигурации (плита, цилиндр, шар) при равенстве их абсолютных и приведенных толщин. Инженерные методы расчета кинетики и продолжительности затвердевания с учетом влияния перегрева, температурного интервала кристаллизации, теплофизических свойств литейных форм. Регулирование тепловых процессов.</p> <p>Физическая природа усадки металлов и сплавов. Усадка в жидком состоянии, при затвердевании, в твердом состоянии. Объемная и линейная усадка. Коэффициенты усадки. Свободная и затрудненная усадка отливок. Предусадочное расширение. Кривые усадки литейных сплавов. Усадочные раковины и усадочная пористость в отливках. Питание и направленное затвердевание отливок. Расчет глубины области усадочной раковины. Прибыли и их классификация. Выбор типа прибылей и мест их установки на отливках. Виды усадочной пористости. Факторы, влияющие на развитие усадочной пористости. Склонность к развитию усадочных дефектов в связи с положением сплавов двойных систем на диаграммах состояния. Мероприятия по предупреждению усадочной пористости. Горячие трещины в отливках. Горячеломкость и трещиностойчивость. Эффективный интервал кристаллизации. Мероприятия по предупреждению образования горячих трещин в отливках. Внутренние напряжения в отливках. Временные и остаточные напряжения. Усадочные, фазовые и термические напряжения. Холодные трещины. Коробление отливок. Мероприятия по снижению внутренних напряжений в отливках.</p>				
		<b>Итого</b>	<b>18</b>	<b>36</b>	<b>90</b>	<b>144</b>

## 5.2 Перечень лабораторных работ

1. Исследование жидкотекучести литейных сплавов
2. Исследование формирования усадочных раковин в отливках
3. Исследование и определение величины усадки металлов и сплавов
4. Исследование напряжений в отливках
5. Металлографическое исследование отливок

## 6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины не предусматривает выполнение курсового проекта (работы) или контрольной работы.

## 7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

**7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания**

### 7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ПК-4	<p>знать</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основные теоретические положения и базовые понятия литейных процессов и технологий;</li> <li>- теоретические основы теплофизического, физико-химического взаимодействия расплава и формы;</li> <li>- гидравлические и газодинамические закономерности и явления, протекающие с момента приготовления жидкого металла до охлаждения твердой заготовки;</li> <li>- взаимосвязи технологических параметров и показателей качества литой продукции</li> </ul>	<p>Тестирование Отчет по лабораторным работам Контрольная работа</p>	<p>Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах</p>	<p>Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах</p>
	<p>уметь</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- описывать литейный процесс на основе комплексного знания и понимания теории кристаллизации,</li> </ul>	<p>Тестирование Отчет по лабораторным работам Контрольная работа</p>	<p>Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах</p>	<p>Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах</p>

	<p>теплофизических, физико-химических и гидравлических процессов, протекающих в литейной форме</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- анализировать взаимосвязи процессов, протекающих при формировании отливки, свойств материалов литейных форм и металла с качеством литейной продукции;</li> <li>- выполнять расчеты процессов и конструктивных элементов литейной формы;</li> <li>- анализировать гидродинамические, кристаллизационные, тепловые процессы при помощи программных модулей;</li> <li>- использовать результаты моделирования литейных процессов для анализа и контроля качества литья в практической инженерной деятельности при разработке технологических процессов литья.</li> </ul>			
	<p>Владеть</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками управления процессами формирования отливок;</li> <li>- навыками выбора и обоснования технологических режимов литья для обеспечения заданного качества отливок.</li> <li>- методами и методиками расчета технологических процессов и конструктивных элементов литейной формы.</li> </ul>	<p>Тестирование Отчет по лабораторным работам Контрольная работа</p>	<p>Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах</p>	<p>Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах</p>

### 7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 5

семестре для очной формы обучения по четырехбалльной системе:

«отлично»;

«хорошо»;

«удовлетворительно»;

«неудовлетворительно».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неудовл.
ПК-4	<p>знать</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основные теоретические положения и базовые понятия литейных процессов и технологий;</li> <li>- теоретические основы теплофизического, физико-химического взаимодействия расплава и формы;</li> <li>- гидравлические и газодинамические закономерности и явления, протекающие с момента приготовления жидкого металла до охлаждения твердой заготовки;</li> <li>- взаимосвязи технологических параметров и показателей качества литой продукции</li> </ul>	Тест	Выполнение теста на 90- 100%	Выполнение теста на 80- 90%	Выполнение теста на 70- 80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	<p>уметь</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- описывать литейный процесс на основе комплексного знания и понимания теории кристаллизации, теплофизических, физико-химических и гидравлических процессов, протекающих в литейной форме</li> <li>- анализировать взаимосвязи процессов, протекающих при формировании отливки, свойств материалов</li> </ul>	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

<p>литейных форм и металла с качеством литейной продукции;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- выполнять расчеты процессов и конструктивных элементов литейной формы;</li> <li>- анализировать гидродинамические, кристаллизационные, тепловые процессы при помощи программных модулей;</li> <li>- использовать результаты моделирования литейных процессов для анализа и контроля качества литья в практической инженерной деятельности при разработке технологических процессов литья.</li> </ul>					
<p>Владеть</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками управления процессами формирования отливок;</li> <li>- навыками выбора и обоснования технологических режимов литья для обеспечения заданного качества отливок.</li> <li>- методами и методиками расчета технологических процессов и конструктивных элементов литейной формы.</li> </ul>	<p>Решение прикладных задач в конкретной предметной области</p>	<p>Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы</p>	<p>Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах</p>	<p>Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач</p>	<p>Задачи не решены</p>

## **7.2 Примерный перечень оценочных средств ( типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)**

### **7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию**

1. Под строением металлических расплавов понимают:

1. структуру ближнего порядка.

2. структуру дальнего порядка.
3. межатомное расстояние.
- ⌚ 4. межатомное расстояние и координационное число.

2. Жидкое состояние является или отличается:

- ⌚ 1. промежуточным между твердым и газообразным состояниями.
2. близким к газообразному состоянию.
3. близким к твердому состоянию.
4. особым состоянием, не похожим на твердое и жидкое состояния.

3. Ближний порядок:

- ⌚ 1. непосредственное окружение рассматриваемого атома, первая координационная сфера, количество ближайших соседних атомов.
2. беспорядочное расположение атомов в жидком металле.
3. закономерное расположение атомов во всем объеме жидкого металла.
4. закономерное и беспорядочное расположение атомов.
5. ничем не отличается от дальнего порядка.

4. Дальний порядок:

1. характеризует твердое состояние.
- ⌚ 2. закономерное расположение частиц, выходящих за пределы первой координационной сферы.
2. беспорядочное расположение атомов в жидком состоянии.
3. закономерное расположение атомов во всем объеме жидкого металла.
4. закономерное расположение атомов в микрообъеме жидкого металла.

5. При температурах, не слишком отличающихся от температур плавления, жидкая фаза по своим свойствам и структуре существенно ближе к:

- ⌚ 1. твердым телам.
2. газам.
3. твердым телам и газам.
4. жидкому состоянию.
5. аморфному состоянию.

6. Объем большинства металлов при плавлении:

- ⌚ 1. возрастает на 3-6%.
2. не изменяется.

3. возрастает на 50-60%.
4. возрастает на 100%.
5. уменьшается на 3-6%.

7. Плотность металлов в твердом и жидком состояниях:

- ⌚ 1. близки друг к другу из-за смещения атомов на не большие расстояния.
2. резко отличаются.
3. не отличается из-за малого смещения атомов при плавлении;
4. уменьшаются существенно из-за увеличения межатомного расстояния в жидком состоянии;
5. возрастает из-за сближения атомов в жидком состоянии.

8. Из –за смещения атомов на не большие расстояния процесс плавления существенно:

1. влияет на энергию взаимодействия между частицами в жидком и твердом состояниях.
2. не влияет на энергию взаимодействия между частицами в жидком и твердом состояниях.
- ⌚ 3. мало влияет, на что указывают малые величины теплот плавления  $\Delta H_{пл}$ , которые значительно выше величины теплоты испарения  $\Delta H_{исп}$ .

9. О близости строения жидких и твердых металлов говорят:

- ⌚ 1. малые энтропии плавления  $\Delta S_{пл}$ , которая, согласно правилу Ригардса, приблизительно равна  $8,4 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К})$ .
2. большие величины энтропии плавления  $\Delta S_{пл}$ , которая равна  $88 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К})$ .
3. равенство энтропии плавления  $\Delta S_{пл}$ .

10. Малые различия в энергиях взаимодействия и межатомных расстояниях ведут к тому, что:

- ⌚ 1. характер теплового движения атомов мало изменяется при плавлении, о чем свидетельствует близость значений теплоемкости  $C_p$  твердого и жидкого состояния.
2. тепловое движение атомов существенно увеличивается при плавлении, о чем свидетельствует большая разница значений теплоемкости  $C_p$  твердого и жидкого состояния.
3. теплоемкость  $C_p$  твердого и жидкого состояния остается без изменений.

11. Электрическое сопротивление при плавлении металлов

увеличивается в 1,5-2,0 раза. При этом тип проводимости в жидких металлах:

- ⌚ 1. не изменяется и обуславливается наличием коллективизированных электронов.
- 2. изменяется из-за увеличения количества коллективизированных электронов.
- 3. уменьшается из-за уменьшения количества коллективизированных электронов.

12. Как влияет повышение температур на величину энергии активации и кинетической энергии колеблющихся атомов:

- ⌚ 1. не оказывает существенного влияния на величину энергии активации, т. е. на величину энергетического барьера. Однако может увеличивать кинетическую энергию атомов, вследствие чего возрастает количество вакансионных узлов и дислоцированных атомов в структуре ближнего порядка.
- 2. оказывая существенное влияние кинетической энергии на величину энергии активации и кинетической энергии, повышение температуры приводит к переходу жидкого состояния к газообразному.
- 3. не оказывает влияния на величину энергии активации и кинетической энергии атомов в жидком состоянии.

### **7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач**

1. Вязкость представляет собой:

- ⌚ 1. внутреннее сопротивление, оказываемое взаимному перемещению смежных слоев жидкости, поэтому и определять ее можно только при движении расплава.
- ⌚ 2. при движении потока жидкости, когда скорость течения различных слоев потока неодинакова, в нем самопроизвольно происходят процессы, стремящиеся выровнять скорости течения слоев. Эти процессы называются внутренним трением или вязкостью.
- 3. сопротивление самой деформации жидкости при растяжении или сдвиге.

2. Как изменяется вязкость при увеличении температуры:

- 1. вязкость жидких металлов повышается с повышением температуры:  
 $\eta = A \cdot \exp(E_{\eta}/RT)$ , где  $A$  – постоянная величина, зависящая от природы металла.  $E_{\eta}$  – энергия активации вязкого течения.  $R$  – газовая постоянная.  $T$  – абсолютная температура, К.

- ⌚ 2. вязкость жидких металлов снижается с повышением температуры по вышеуказанной формуле.

- 3. вязкость не изменяется от температуры.

3. Какова зависимость между динамической и кинематической вязкостью:

⌚ 1. кинематическая вязкость  $\nu$  представляет собой отношение  $\nu = \eta / d$ , где  $\eta$  – динамическая вязкость, Па · с (МПа · с).  $\nu$  – кинематическая вязкость, м<sup>2</sup>/с.  $d$  – плотность.

2.  $\nu = \eta \cdot d$ .

3.  $\eta = \nu/d$ .

4. Какая формула температурной зависимости вязкости верна:

⌚ 1.  $\nu = A \cdot \exp(E\nu/RT)$ .  $\eta = A_2 \cdot \exp(E r/RT)$ .  $E \nu = E r - E d$ , где  $E d$  – энергия разрыхления, обусловленное температурным изменением плотности.

2.  $\nu = A \cdot \exp(-E\nu/RT)$ .  $\eta = A_2 \cdot \exp(-E r/RT)$ .  $E \eta = E \nu - E d$ .

3.  $\nu = A^{-1} \cdot \exp(E\nu/RT)$ .  $\eta = A^{-1} \cdot \exp(E r/RT)$ .

5. Чем отличается плотность от удельного веса:

⌚ 1. плотность – это отношение массы вещества к занимаемому объему:

$d = m/V$ , где  $m$  – масса, г(кг).  $V$  – объем, см<sup>3</sup> (м<sup>3</sup>).  $d$  – плотность, г/ см<sup>3</sup> (кг/ м<sup>3</sup>).

⌚ 2. Удельный вес определяется как отношение массы вещества к занимаемому объему:

$\gamma = P/V$ , где  $P$  – масса, г(кг).  $\gamma$  – удельный вес, см<sup>3</sup>/г (м<sup>3</sup>/кг)..  $P = mg$ .

Следовательно,  $\gamma = dg$  или  $P = kmg$ , где  $g$  – ускорение свободного падения.  $k$  – коэффициент зависимости от выбора единиц измерения.

3. ничем не отличается.

6. Как изменяется электросопротивление жидкого металла с увеличением температуры:

⌚ 1. возрастает.

2. уменьшается.

3. не изменяется.

7. Как влияют примеси и легирующие элементы на электросопротивление металлов в твердом и жидком состояниях:

⌚ 1. увеличивается.

2. уменьшается.

3. не изменяется.

9. Какие методы определения поверхностного натяжения Вы знаете:

1. метод отрывающейся капли.

2. метод капиллярного поднятия.

3. метод максимального давления.

⌚ 4. совокупность всех вышеуказанных методов.

8. Что характеризует теплота плавления и атомная теплота плавления:

⌚ 1. теплота плавления  $q$  отражает энергию, необходимую для разрушения кристаллической решетки. Следовательно, зависит от температур плавления металлов и сплавов. Она относится к единице массы (Дж/г). Более правильно теплоту плавления отнести не к единицы массы, а к одинаковому числу атомов. Иначе говоря, надо сравнивать атомные теплоты плавления, приходящиеся на один моль металла, (атомная теплота плавления (Дж/моль)).

2. теплота плавления и атомная теплота плавления представляют энергию разрушения твердого металла и не зависят от температуры плавления металлов.

3. Ничем не отличается.

9. Что такое теплота образования жидких сплавов  $\Delta H$  и что означает  $+\Delta H$  и  $-\Delta H$ :

⌚ 1. теплота образования жидких сплавов измеряется той энергией, которая поглощается или выделяется при взаимном растворении двух или более жидких металлов, взятых при одинаковой температуре.

Положительная энергия, поглощаемая системой, приписывается знаком «+». Энергия, выделившаяся из системы, считается отрицательной и обозначается знаком «-».

2. количество энергии, поглощенное или выделенное при образовании сплавов, относится к 1 молю сплава, называют его интегральной молярной теплотой смещения или образования. Положительная энергия, поглощаемая системой, приписывается знаком «-», а энергия, выделившаяся из системы «+».

3. совокупность всех ответов.

### **7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач**

-

### **7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету**

Не предусмотрено учебным планом

### **7.2.5 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач**

1. Термические напряжения в отливках.
2. Методы борьбы с газовыми включениями в отливках.
3. Прямая и обратная ликвация в отливках.
4. Расчет формы усадочной раковины в цилиндрической отливке.
5. Неметаллические включения и методы борьбы с ними.

6. Газовые дефекты в отливке по вине металла.
7. Газовые дефекты в отливках по вине литейной формы
8. Уравнение Фурье для расчета теплообмена в системе отливка - форма.
9. Основные закономерности и методы модифицирования металлов и сплавов.
10. Коробление отливок и методы борьбы с ними.
11. Усадочные дефекты в отливках и методы борьбы с ними
12. Поверхностные свойства расплавов. Уравнение Лапласа.
13. Методы расчета глубины залегания усадочной раковины.
14. Усадочная пористость в отливках. Методы борьбы с ней.
15. Основные способы управления кристаллической структурой отливок.
16. Пригар на отливках. Методы борьбы с пригаром.
17. Поверхностное легирование и армирование отливок.
18. Затрудненная усадка в отливках.
19. Концентрационное переохлаждение и его влияние на кинетику затвердевания.
20. Холодные трещины в отливках.
21. Горячие трещины в отливках.
22. Граничные условия в задачах теплообмена между отливкой и формой.
23. Гомогенное зародышеобразование.
24. Гетерогенное зародышеобразование.
25. Затрудненная усадка в отливках.
26. Разновидности применяемых прибылей.
27. Интенсификация работы прибылей.
28. Модель теплопроводности формовочных смесей Дульнева.
29. Газопроницаемость зернистых сред по Козени-Карману.
30. Механические свойства формовочных смесей.
31. Предотвращение образования ужимин.
32. Термические напряжения в отливках.
33. Методы борьбы с газовыми включениями в отливках.
34. Прямая и обратная ликвация в отливках.
35. Расчет формы усадочной раковины в цилиндрической отливке.
36. Неметаллические включения и методы борьбы с ними.
37. Газовые дефекты в отливке по вине металла.
38. Газовые дефекты в отливках по вине литейной формы
39. Уравнение Фурье для расчета теплообмена в системе отливка - форма.
40. Основные закономерности и методы модифицирования металлов и сплавов.
41. Коробление отливок и методы борьбы с ними.
42. Усадочные дефекты в отливках и методы борьбы с ними
43. Поверхностные свойства расплавов. Уравнение Лапласа.

44. Методы расчета глубины залегания усадочной раковины.
45. Усадочная пористость в отливках. Методы борьбы с ней.
46. Основные способы управления кристаллической структурой отливок.
47. Пригар на отливках. Методы борьбы с пригаром.
48. Поверхностное легирование и армирование отливок.
49. Затрудненная усадка в отливках.
50. Концентрационное переохлаждение и его влияние на кинетику затвердевания.
51. Холодные трещины в отливках.
52. Горячие трещины в отливках.
53. Граничные условия в задачах теплообмена между отливкой и формой.
54. Гомогенное зародышеобразование.
55. Гетерогенное зародышеобразование.
56. Затрудненная усадка в отливках.
57. Разновидности применяемых прибылей.
58. Интенсификация работы прибылей.
59. Модель теплопроводности формовочных смесей Дульнева.
60. Газопроницаемость зернистых сред по Козени-Карману.
61. Механические свойства формовочных смесей.
62. Предотвращение образования ужимин.

#### **7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации**

*Экзамен проводится по тест-билетам, каждый из которых содержит 10 вопросов и задачу. Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 1 баллом, задача оценивается в 10 баллов (5 баллов верное решение и 5 баллов за верный ответ). Максимальное количество набранных баллов – 20.*

*1. Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал менее 6 баллов.*

*2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал от 6 до 10 баллов*

*3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент набрал от 11 до 15 баллов.*

*4. Оценка «Отлично» ставится, если студент набрал от 16 до 20 баллов.)*

#### **7.2.7 Паспорт оценочных материалов**

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Структура металлической жидкости. Модели жидкого состояния. Анализ фазовых превращений на основе кластерной модели жидкости. Свойства жидкостей: плотность, вязкость, электропроводность, давление пара, теплофизические свойства, поверхностное	ПК-4	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ.

	натяжение, смачивание. Температурная зависимость свойств жидкостей.		
2	Взаимодействие металлических расплавов с газами (водородом, кислородом, азотом, сложными газами) и огнеупорными материалами. Экзогенные и эндогенные включения в сплавах. Растворимость газов в жидком и твердом состоянии. Выделение газов при кристаллизации расплава. Формирование газовых дефектов. Раскисление расплава	ПК-4	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ.
3	Гидростатика. Истечение жидкости из насадок, под затопленный уровень. Уравнения движения вязкой жидкости (уравнение Навье-Стокса). Гидравлические сопротивления и потери напора потока жидкого металла. Неизотермическая гидродинамика. Расчет продолжительности заполнения формы металлом. Жидкотекучесть металлов и сплавов. Технологические пробы на жидкотекучесть и методы ее оценки. Связь жидкотекучести с положением сплавов двойных систем на диаграммах состояния. Заполняемость формы жидким металлом. Технологические факторы, влияющие на заполняемость. Конструирование литниковых систем. Сужающиеся и расширяющиеся литниковые системы. Методы расчета элементов литниковых систем. Шлакоотделение. .	ПК-4	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ.
4	Термодинамические условия процесса кристаллизации как фазового перехода I рода. Расчет размера и работы образования центров кристаллизации. Рост кристаллов. Гетерогенное зарождение кристаллов. Форма кристаллов. Кристаллизация сплавов твердых растворов. Температурный и концентрационный интервалы кристаллизации. Коэффициент распределения. Темп кристаллизации. Модели неравновесной кристаллизации. Управление процессом формирования кристаллической структуры сплавов в отливках. Модифицирование. Суспензионная заливка. Температурно-временная обработка расплава. Зональная ликвация в отливках. Мероприятия, направленные на уменьшение химической неоднородности отливок. Неметаллические включения в отливках и мероприятия для их предотвращения. Газы в литейных сплавах и их поведение при кристаллизации.	ПК-4	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ.
5	Тепловые процессы на границах раздела. Уравнение Ньютона. Уравнение Фурье. Граничные условия теплообмена между отливкой и формой. Формирование усадочного зазора. Теплопередача в зазоре. Теплоотдача от поверхности формы в окружающую среду. Температуропроводность формовочных и стержневых смесей. Формирование термического пригара. Методы исследования процессов затвердевания и охлаждения отливок. Затвердевание отливок из чистых,	ПК-4	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ.

<p>эвтектических, широко интервальных сплавов. Область затвердевания и ее строение. Граница выливаемости, питания. Взаимосвязь строения области затвердения с литейными свойствами. Закон квадратного корня (допущения, исходная расчетная схема, решение). Коэффициент затвердевания. Влияние конфигурации отливки на кинетику и продолжительность затвердевания. Инженерные методы расчета кинетики и продолжительности затвердевания с учетом влияния перегрева, температурного интервала кристаллизации, теплофизических свойств литейных форм. Регулирование тепловых процессов.</p> <p>Физическая природа усадки металлов и сплавов. Усадка в жидком состоянии, при затвердевании, в твердом состоянии. Объемная и линейная усадка. Коэффициенты усадки. Свободная и затрудненная усадка отливок. Предусадочное расширение. Кривые усадки литейных сплавов.</p> <p>Усадочные раковины и усадочная пористость в отливках. Питание и направленное затвердевание отливок. Расчет глубины области усадочной раковины. Прибыли и их классификация. Выбор типа прибылей и мест их установки на отливках. Виды усадочной пористости. Факторы, влияющие на развитие усадочной пористости. Склонность к развитию усадочных дефектов в связи с положением сплавов двойных систем на диаграммах состояния. Мероприятия по предупреждению усадочной пористости.</p> <p>Горячие трещины в отливках. Горячеломкость и трещиностойчивость. Эффективный интервал кристаллизации. Мероприятия по предупреждению образования горячих трещин в отливках.</p> <p>Внутренние напряжения в отливках. Временные и остаточные напряжения. Усадочные, фазовые и термические напряжения. Холодные трещины. Коробление отливок. Мероприятия по снижению внутренних напряжений в отливках.</p>		
--	--	--

### **7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности**

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется

оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

## **8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)**

### **8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

1. Шаров М.В. Теоретические основы литейного производства. – М.: ВИАМ, 2016. –480 с.

2. Получение и обработка металлов и соединений: учеб. пособие. - Воронеж : ВГТУ, 2004. - 201 с.

3 Леви, Л. И. Основы теории металлургических процессов и технология плавки литейных сплавов : учеб. для студентов вузов / Л. И. Леви, Л. М. Мариенбах. – Москва : Машиностроение, 1970. –496 с.

**8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем:**

**Мультимедийные видеофрагменты:** Видеофильмы по методам обработки металлов.

**Мультимедийные лекционные демонстрации:** Презентации по темам курса.

## **9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА**

**Специализированная лекционная аудитория**, оснащенная оборудованием для лекционных демонстраций и проекционной аппаратурой

**Учебные лаборатории:**

«Материаловедения»

«Металлографическая»

«Термической обработки»

«Прочности»

Лабораторная база: металлографические микроскопы МИМ-7 и МИМ-8, биологические микроскопы, инструментальные микроскопы, твердомеры, печи нагревательные муфельные, шахтные, трубчатые, термопары, испытательные машины Р10, Р20, МК30, приспособления для приготовления

металлографических шлифов, стенды с характерными видами изломов и типами испытательных образцов, комплекты металлографических шлифов черных и цветных металлов и сплавов, печи, диапроектор, эпидиаскоп, компьютеры персональные, ксероксы, принтеры, цифровой фотоаппарат.

## **10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

По дисциплине «Теория литейных процессов» читаются лекции, проводятся лабораторные работы.

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Лабораторные работы выполняются на лабораторном оборудовании в соответствии с методиками, приведенными в указаниях к выполнению работ.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Лабораторная работа	Лабораторные работы позволяют научиться применять теоретические знания, полученные на лекции при решении конкретных задач. Чтобы наиболее рационально и полно использовать все возможности лабораторных для подготовки к ним необходимо: следует разобрать лекцию по соответствующей теме, ознакомиться с соответствующим разделом учебника, проработать дополнительную литературу и источники, решить задачи и выполнить другие письменные задания.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: - работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций; - выполнение домашних заданий и расчетов; - работа над темами для самостоятельного изучения; - участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад; - подготовка к промежуточной аттестации.
Подготовка к промежуточной аттестации	Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед экзаменом три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.

