

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

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



УТВЕРЖДАЮ  
И.о. декана ФМАТ В.И. Ряжских  
«29» августа 2017 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 2017

Автор программы

 / А.В. Миленин /

Заведующий кафедрой  
материаловедения и физики  
металлов

 / Д.Г. Жилияков /

Руководитель ОПОП

 / Л.С. Печенкина /

Воронеж 2017

## **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

| <b>Компетенция</b> | <b>Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|--------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ПК-4               | знать<br>- основные теоретические положения и базовые понятия литейных процессов и технологий;<br>- теоретические основы теплофизического, физико-химического взаимодействия расплава и формы;<br>- гидравлические и газодинамические закономерности и явления, протекающие с момента приготовления жидкого металла до охлаждения твердой заготовки;<br>- взаимосвязи технологических параметров и показателей качества литой продукции. |
|                    | уметь<br>- 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 литниковые системы. Методы расчета элементов литниковых систем. Шлакоотделение. Механизм удержания шлаковых частиц в литниковой системе. Предупреждение разряжения в литниковых системах. | 4    | 6         | 14  | 24         |

|   |                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |   |    |    |    |
|---|--------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|----|----|----|
|   |                                                              | 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 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                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 4 | 12 | 32 | 48 |

|              |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |           |           |           |            |
|--------------|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-----------|-----------|------------|
|              |  | <p>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.</p> <p>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 трещиностойкость. 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> |           |           |           |            |
| <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</p> <p>Отчет по лабораторным работам</p> <p>Контрольная работа</p> | <p>Выполнение работ в срок,</p> <p>предусмотренный в рабочих программах</p> | <p>Невыполнение работ в срок,</p> <p>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, теплофизических, физико-химических и гидравлических процессов, протекающих в литейной форме</li> <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</li> </ul> | <p>Тестирование</p> <p>Отчет по лабораторным работам</p> <p>Контрольная работа</p> | <p>Выполнение работ в срок,</p> <p>предусмотренный в рабочих программах</p> | <p>Невыполнение работ в срок,</p> <p>предусмотренный в рабочих программах</p> |

|  |                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                     |                                                                  |                                                                    |
|--|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
|  | литейных процессов для анализа и контроля качества литья в практической инженерной деятельности при разработке технологических процессов литья.                                                                                                                                        |                                                                     |                                                                  |                                                                    |
|  | Владеть<br>- навыками управления процессами формирования отливок;<br>- навыками выбора и обоснования технологических режимов литья для обеспечения заданного качества отливок.<br>- методами и методиками расчета технологических процессов и конструктивных элементов литейной формы. | Тестирование<br>Отчет по лабораторным работам<br>Контрольная работа | Выполнение работ в срок,<br>предусмотренный в рабочих программах | Невыполнение работ в срок,<br>предусмотренный в рабочих программах |

### 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        | знать<br>- основные теоретические положения и базовые понятия литейных процессов и технологий;<br>- теоретические основы теплофизического, физико-химического взаимодействия расплава и формы;<br>- гидравлические и газодинамические закономерности и явления, протекающие с момента приготовления жидкого металла до охлаждения твердой заготовки; | Тест                | Выполнение теста на 90-100% | Выполнение теста на 80-90% | Выполнение теста на 70-80% | В тесте менее 70% правильных ответов |

|  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                          |                                                        |                                                                                       |                                                          |                  |
|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|------------------|
|  | - взаимосвязи технологических параметров и показателей качества литой продукции                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                          |                                                        |                                                                                       |                                                          |                  |
|  | <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 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> | 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>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</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Решение прикладных задач в конкретной предметной области | 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 |

|  |                                                                                                                                     |  |  |  |  |  |
|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|
|  | заданного качества отливок.<br>- методами и методиками расчета технологических процессов и конструктивных элементов литейной формы. |  |  |  |  |  |
|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|

## 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

88Дм/(моль·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.  $\nu = A \cdot \exp(E \nu / RT)$ .  $\eta = A_2 \cdot \exp(E \eta / RT)$ .  $E \nu = E \eta - E d$ , где  $E d$  – энергия разрыхления, обусловленное температурным изменением плотности.

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

3.  $\nu = A^{-1} \cdot \exp(E \nu / RT)$ .  $\eta = A^{-12} \cdot \exp(E \eta / RT)$ .

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.

8. Какие методы определения поверхностного натяжения Вы знаете:

- ☐ 1. метод отрывающейся капли.
- ☐ 2. метод капиллярного поднятия.
- ☐ 3. метод максимального давления.

☐ 4. совокупность всех вышеуказанных методов.

9. 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.

10. 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 подготовке к экзамену**

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 прибыли.
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 прибыли.
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 натяжение, смачивание. Температурная зависимость свойств жидкостей.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | ПК-4                           | Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ. |
| 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             | ПК-4                           | Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ. |

|   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |      |                                                      |
|---|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|------------------------------------------------------|
|   | включения в отливках и мероприятия для их предотвращения. Газы в литейных сплавах и их поведение при кристаллизации.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |      |                                                      |
| 5 | <p>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, эвтектических, широко интервальных сплавов. Область затвердевания и ее строение. Граница выливаемости, питания. Взаимосвязь строения области затвердевания 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. 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> | ПК-4 | Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ. |

### 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. Трухов А.П., Маляров А.И. Литейные сплавы и плавка: учебник для студентов высших учебных заведений М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 336 с.

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

3 Аммер В.А. Теория литейных процессов. Затвердевание из расплава учеб. пособие. - Воронеж : ВГТУ, 2008

4. Аммер В.А. Лабораторный практикум по теории литейных процессов: учеб. пособие. - Воронеж: ВГТУ, 2004 .

**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:**

#### **Лицензионное ПО**

LibreOffice

**Ресурс информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»**

<http://www.edu.ru/>

Образовательный портал ВГТУ

**Информационная справочная система**

<http://window.edu.ru>

<https://wiki.cchgeu.ru/>

eLIBRARY.RU, доступ свободный [www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru)

**Современные профессиональные базы данных**

Электронно-библиотечная система ЛАНЬ, доступ свободный

<https://e.lanbook.com/>

Библиотека Машиностроителя

Адрес ресурса: <https://lib-bkm.ru/14518>

СКМ LVM Flow , <http://otlivka.info/>, <http://www.ruscastings.ru>

## **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»

231/1 комната для самостоятельной подготовки

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: <ul style="list-style-type: none"> <li>- работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций;</li> <li>- выполнение домашних заданий и расчетов;</li> <li>- работа над темами для самостоятельного изучения;</li> <li>- участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад;</li> <li>- подготовка к промежуточной аттестации.</li> </ul> |
| 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.                                                                                                                                                                                                                                                                                            |

### Лист регистрации изменений

| №<br>п/п | Перечень вносимых изменений                                                                                                                                                | Дата<br>внесения<br>изменений | Подпись<br>заведующего<br>кафедрой,<br>ответственной за<br>реализацию ОПОП                              |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1        | Актуализирован раздел 8.2 в части состава используемого лицензионного программного обеспечения, современных профессиональных баз данных и справочных информационных систем | 30.08.2018                    | <br>Д.Г. Жилияков    |
| 2        | Актуализирован раздел 8.2 в части состава используемого лицензионного программного обеспечения, современных профессиональных баз данных и справочных информационных систем | 31.08.2019                    | <br>В.Ф. Селиванов   |
| 3        | Актуализирован раздел 8.2 в части состава используемого лицензионного программного обеспечения, современных профессиональных баз данных и справочных информационных систем | 31.08.2020                    | <br>В.Ф. Селиванов |
|          |                                                                                                                                                                            |                               |                                                                                                         |