

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Воронежский государственный технический университет»



УТВЕРЖДАЮ  
Декан ФМАТ В. И. Ряжских  
«29» августа 2018 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
дисциплины

«Физико-химия металлургических систем»

Направление подготовки 22.03.02 МЕТАЛЛУРГИЯ

Профиль Технология литейных процессов

Квалификация выпускника бакалавр

Нормативный период обучения 4 года

Форма обучения очная

Год начала подготовки 2018

Автор программы В.В. Ожерельев /В.В. Ожерельев/

Заведующий кафедрой  
материаловедения и физики  
металлов Д.Г. Жиляков /Д.Г. Жиляков/

Руководитель ОПОП Л.С. Печенкина /Л.С. Печенкина/

Воронеж 2018

## **1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **1.1. Цели дисциплины**

Изложение термодинамических и кинетических закономерностей различных физико-химических явлений, протекающих при получении металлов и сплавов, прививание навыков использования анализа термодинамических и кинетических закономерностей межфазных взаимодействий, эффективного проведения металлургических процессов

### **1.2. Задачи освоения дисциплины**

- научить анализировать полученные экспериментальные результаты;
- дать общую характеристику металлургическим процессам;
- осветить основные вопросы термодинамических и кинетических процессов в современной металлургии.

## **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП**

Дисциплина «Физико-химия металлургических систем» относится к дисциплинам вариативной части (дисциплина по выбору) блока Б1.

## **3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Процесс изучения дисциплины «Физико-химия металлургических систем» 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               | <b>знать</b> <ul style="list-style-type: none"><li>– Основные закономерности химических и физико-химических процессов массопереноса применительно к технологическим процессам, агрегатам и оборудованию переработки минерального сырья, производства и обработки черных и цветных металлов и сплавов.</li><li>– Структуру и состав окислов металлов, процессы их образования.</li><li>– Состав и свойства шлаков в сталеплавильном производстве, их физические и химические свойства</li><li>– Вредные примеси в сталях, неметаллические включения, способы борьбы.</li><li>– Назначение шлаков и флюсов.</li></ul> |
|                    | <b>уметь</b> <ul style="list-style-type: none"><li>– Рассчитывать и анализировать химические и физико-химические процессы. Процессы массопереноса, происходящие в технологических</li></ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |

|  |                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|--|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <p>процессах переработки минерального сырья, производства и обработки черных и цветных металлов.</p> <p>– Проводить термодинамический анализ химических превращений в многокомпонентных системах и на его основе находить наиболее эффективные пути синтеза металлургических материалов.</p> |
|  | <p><b>владеть</b></p> <p>– Методиками расчетов кинетики процессов в металлургических системах.</p> <p>– Методами анализа технологических процессов и их влияния на качество получаемых изделий.</p>                                                                                          |

#### 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Физико-химия металлургических систем» составляет 5 з.е.

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

| Виды учебной работы                       | Всего часов | Семестры |
|-------------------------------------------|-------------|----------|
|                                           |             | 4        |
| <b>Аудиторные занятия (всего)</b>         | 54          | 54       |
| В том числе:                              |             |          |
| Лекции                                    | 18          | 18       |
| Практические занятия (ПЗ)                 | 18          | 18       |
| Лабораторные работы (ЛР)                  | 18          | 18       |
| <b>Самостоятельная работа</b>             | 90          | 90       |
| Часы на контроль                          | 36          | 36       |
| Виды промежуточной аттестации - экзамен   | +           | +        |
| Общая трудоемкость:<br>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 | Прак зан. | Лаб. зан. | СРС | Всего, час |
|-------|---------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|------|-----------|-----------|-----|------------|
| 1     | Состав и свойства высокотемпературной газовой фазы.     | Предмет и задачи курса. Состав и свойства высокотемпературной газовой фазы. | 2    | 2         | -         | 14  | 18         |
| 2     | Кинетика и механизм горения твердого углерода.          | Кинетика и механизм горения твердого углерода                               | 2    | 2         | -         | 14  | 18         |
| 3     | Процессы термической диссоциации химических соединений. | Процессы термической диссоциации химических соединений.                     | 2    | 2         | 4         | 14  | 22         |

|              |                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |           |           |           |           |            |
|--------------|----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|
| 4            | Окисление и восстановление металлов                | Термодинамика окисления металлов. Пленки на металлах. Условие сплошности пленок. Кинетика окисления металлов. Законы роста пленок. Влияние внешних и внутренних факторов на скорость окисления металлов.<br><br>Основы теории восстановления оксидов. Восстановление оксидов углеродом и водородом. Науглероживание железа.                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 4         | 4         | 4         | 16        | 28         |
| 5            | Металлургические расплавы                          | Строение жидких сплавов. Температурная зависимость вязкости жидких металлов. Влияние содержания примесей на вязкость жидкого алюминия и железа. Поверхностное натяжение жидких металлов. Электрическое сопротивление. Температурная зависимость удельного электрического сопротивления жидких металлов и сплавов.<br><br>Строение и свойства шлаков. Ионная теория шлаков. Вязкость шлаков. Взаимодействие металлических расплавов с оксидными шлаковыми расплавами и газовой фазой. Активность компонентов в расплавах. Распределение компонентов между шлаком и расплавом. Окислительная способность шлака. | 4         | 4         | 4         | 16        | 28         |
| 6            | Обезуглероживание в стали, вредные примеси в стали | Термодинамический анализ реакций окисления углерода. Механизм процесса обезуглероживания. Раскисление стали, термодинамический анализ осаждающегося раскисления. Неметаллические включения в стали. Диффузионное раскисление                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 4         | 4         | 6         | 16        | 30         |
| <b>Итого</b> |                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | <b>18</b> | <b>18</b> | <b>18</b> | <b>90</b> | <b>144</b> |

## 5.2 Перечень лабораторных работ

1. Исследование кинетики изотермического окисления металлов
2. Определение энергии активации гетерогенных реакций
3. Исследование диссоциации карбонатов
4. Расчет кинетических характеристик реакции диссоциации карбоната кальция.

## 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 закономерности химических и физико-химических процессов массопереноса применительно к технологическим процессам, агрегатам и оборудованию переработки минерального сырья, производства и обработки черных и цветных металлов и сплавов.</li> <li>– Структуру и состав окислов металлов, процессы их образования.</li> <li>– Состав и свойства шлаков в сталеплавильном производстве, их физические и химические свойства</li> <li>– Вредные примеси в сталях, неметаллические включения, способы борьбы.</li> <li>– Назначение шлаков и флюсов.</li> </ul> | ответы на теоретические вопросы        | Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах | Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах |
|             | <p>уметь</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Рассчитывать и анализировать химические и физико-химические процессы. Процессы массопереноса, происходящие в технологических процессах переработки минерального сырья, производства и обработки черных и цветных металлов.</li> <li>– Проводить термодинамический анализ химических превращений в многокомпонентных</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                      | Решение стандартных практических задач | Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах | Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах |

|  |                                                                                                                                                                     |                                                                                           |                                                               |                                                                 |
|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
|  | системах и на его основе находить наиболее эффективные пути синтеза металлургических материалов.                                                                    |                                                                                           |                                                               |                                                                 |
|  | владеть Методиками расчетов кинетики процессов в металлургических системах. Методами анализа технологических процессов и их влияния на качество получаемых изделий. | Решение прикладных задач в конкретной предметной области, выполнение практических заданий | Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах | Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах |

### 7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 4 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 закономерности химических и физико-химических процессов массопереноса применительно к технологическим процессам, агрегатам и оборудованию переработки минерального сырья, производства и обработки черных и цветных металлов и сплавов.</li> <li>– Структуру и состав окислов металлов, процессы их образования.</li> <li>– Состав и свойства шлаков в сталеплавильном производстве, их физические и химические свойства</li> <li>– Вредные примеси в стали, неметаллические включения, способы</li> </ul> | Тест                | Выполнение теста на 90-100% | Выполнение теста на 80-90% | Выполнение теста на 70-80% | В тесте менее 70% правильных ответов |

|  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                          |                                                        |                                                                                       |                                                          |                  |
|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|------------------|
|  | борьбы.<br>– Назначение шлаков и флюсов.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                          |                                                        |                                                                                       |                                                          |                  |
|  | уметь<br>– Рассчитывать и анализировать химические и физико-химические процессы. Процессы массопереноса, происходящие в технологических процессах переработки минерального сырья, производства и обработки черных и цветных металлов.<br>– Проводить термодинамический анализ химических превращений в многокомпонентных системах и на его основе находить наиболее эффективные пути синтеза металлургических материалов. | 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 |
|  | владеть<br>Методиками расчетов кинетики процессов в металлургических системах.<br>Методами анализа технологических процессов и их влияния на качество получаемых изделий.                                                                                                                                                                                                                                                 | 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 |

## 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

- Сформулируйте и запишите условия, при которых некоторый элемент А:
  - будет переходить из шлака в металл
  - будет переходить из металла в шлак;
  - будет находиться в равновесии между металлом и шлаком.
- Что такое константа распределения компонента между двумя фазами? Что такое коэффициент распределения?
- Как рассчитать уровень легирования металла компонентом А по его коэффициенту распределения?
- Сформулируйте термодинамические и кинетические особенности окислительного рафинирования.
- Что такое окислительная способность шлака и от чего она зависит?
- Каков механизм окислительного рафинирования чугуна под слоем шлака?
- Запишите в общем виде выражение для коэффициента распределения окисляемого элемента в процессе окислительного рафинирования и проведите его анализ.

8. Как влияет природа образующихся окислов на глубину окислительного рафинирования?
9. Проведите термодинамический анализ реакции окисления углерода в расплавленном жидком сплаве.
10. От каких факторов зависит скорость окисления углерода в растворе железа?
11. В чем заключается процесс раскисления сплавов?
12. Чем обусловлена эффективность комплексного раскисления?
13. Каким требованиям должны удовлетворять раскислители?
14. Как изменяется растворимость азота и водорода в металлах с температурой?
15. Как проводится очистка металлов от растворенных газов?
16. Каков механизм очистки металлов в условиях вакуумной плавки?
17. Сформулируйте основные термодинамические и кинетические закономерности дефосфорации сталей.
18. Сформулируйте основные термодинамические и кинетические закономерности десульфурации сталей.

### 7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

1. Рассчитать равновесный состав газовой фазы, полученной по реакции  $C + O_2 = CO_2$  при взаимодействии графита с воздухом при температуре 900 К и постоянном давлении 1 атм.
2. При какой температуре оксид углерода имеет то же сродство к кислороду, что и графит?
3. Определить, при какой температуре сродство кислорода к водороду и монооксиду углерода одинаково.
4. Рассчитать степень диссоциации  $SO_3$  на  $SO_2$  и кислород при 1000 К и давлении 1 атм.
5. Рассчитать степень диссоциации  $H_2O$  на водород и кислород при 2600 К и давлении 1 атм.

6. Рассчитать степень диссоциации  $CO_2$  на  $CO$  и кислород при 2400 К и давлении 1 атм.
7. Увеличение веса образца металла при его окислении на воздухе при температуре 460 °С описывается следующими опытными данными:

|                                 |   |      |      |      |      |      |      |      |      |
|---------------------------------|---|------|------|------|------|------|------|------|------|
| $\tau$ , ч                      | 0 | 5    | 10   | 20   | 30   | 50   | 100  | 150  | 200  |
| $\Delta g$ , мг/см <sup>2</sup> | 0 | 0,05 | 0,10 | 0,19 | 0,28 | 0,45 | 0,65 | 0,75 | 0,85 |

8. Определить интервал времени кинетического режима процесса и построить график зависимости скорости реакции от времени во всем изученном интервале.
9. Рассчитать равновесный состав газовой фазы, полученной взаимодействием водорода с кислородом воздуха при 1500 К и давлении, равном 1 атм, если воздух взят в количестве, соответствующем стехиометрическому соотношению между кислородом и водородом.
10. Рассчитать равновесный состав газовой фазы, образующейся по реакции  $C + CO_2 = 2CO$  при взаимодействии угля со смесью 80%  $N_2$  и 20%  $CO_2$  при температуре 1000 К и атмосферном давлении.

### 7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

1. Определить активности компонентов жидкого шлака ЭШП, содержащего 75 мас. %  $CaF_2$  и 25 мас. %  $CaO$ , считая его совершенным ионным раствором.
2. Пользуясь теорией совершенных ионных растворов, рассчитать активность  $FeO$  в расплаве, приготовленном из 55 мол. %  $CaO$ , 5%  $SiO_2$ , 5%  $FeO$ . Практически весь кремний входит в состав ионов  $SiO_4^{4-}$ .
3. Железо меняет кристаллическую структуру ( $Fe\alpha \rightarrow Fe\gamma$ ) при  $T = 1183$  К. Во сколько раз изменится скорость диффузии углерода в железе при этом в случае неизменного градиента концентрации?
4. Каким должно быть соотношение толщин пленок  $FeO$  и  $Fe_2O_3$ , чтобы скорости диффузии железа через них были одинаковыми при прочих равных условиях? При решении использовать справочные данные о коэффициентах диффузии железа в его оксидах.
5. Толщина пленки окалина при окислении твердого металла газообразным кислородом изменилась за 10 с на 8 мкм. Определить изменение толщины окалина после окисления в течение 30 с, если: а) процесс протекает в диффузионном режиме; б) процесс протекает в кинетическом режиме. Окалину считать однородной.
6. Процесс диффузионного раскисления жидкого никеля расплавленным шлаком протекает с кажущейся энергией активации 170 кДж/моль. Какое мероприятие приведет к большему



увеличению скорости раскисления – увеличение температуры с 1550 до 1600 °С или площади контакта жидких фаз в два раза.

7. Используя приведенные экспериментальные данные о вязкости оксидного расплава, найти энергию активации вязкого течения.

|               |       |      |      |      |      |      |      |
|---------------|-------|------|------|------|------|------|------|
| T, К          | 1073  | 1173 | 1273 | 1373 | 1473 | 1573 | 1673 |
| $\eta$ , Па·с | 3,31· | 6,6  | 1,78 | 67,6 | 30,2 | 14,1 | 7,6  |

8. Угол смачивания твердого железа эмалевым расплавом равен 23°, а поверхностное натяжение расплава составляет 330 мДж/м<sup>2</sup>. Определить работу адгезии фаз. Как изменится смачиваемость после введения в расплав поверхностно-активного оксида, если известно, что это уменьшает поверхностное натяжение расплава и межфазное натяжение на 100 мДж/м<sup>2</sup>?

9. Коэффициент диффузии Mg в жидком Al при температурах 670 и 700 °С равен соответственно  $6,1 \cdot 10^{-5}$  и  $7,5 \cdot 10^{-5}$  см<sup>2</sup>/с. Найти величину D при температуре 750° С.

10. Пользуясь теорией совершенных ионных растворов, рассчитать активность SiO<sub>2</sub> в расплаве, приготовленном из 42 мол. % CaO, 8% SiO<sub>2</sub>, 17% MgO, 33% CaF<sub>2</sub>. Практически весь кремний входит в состав ионов SiO<sub>4</sub><sup>4-</sup>.

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

Не предусмотрено учебным планом

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

19. Состав и свойства высокотемпературной газовой фазы.
20. Кинетика и механизм горения твердого углерода
21. Процессы термической диссоциации химических соединений.
22. Термодинамика окисления металлов.
23. Пленки на металлах. Условие сплошности пленок.
24. Кинетика окисления металлов. Законы роста пленок. Влияние внешних и внутренних факторов на скорость окисления металлов.
25. Основы теории восстановления оксидов.
26. Восстановление оксидов углеродом и водородом.
27. Науглероживание железа.
28. Строение жидких сплавов.
29. Температурная зависимость вязкости жидких металлов.
30. Влияние содержания примесей на вязкость жидкого алюминия и железа.
31. Поверхностное натяжение жидких металлов.
32. Электрическое сопротивление. Температурная зависимость удельного электрического сопротивления жидких металлов и сплавов.
33. Строение и свойства шлаков.
34. Ионная теория шлаков.
35. Вязкость шлаков.
36. Взаимодействие металлических расплавов с оксидными шлаковыми расплавами и газовой фазой.
37. Активность компонентов в расплавах.
38. Распределение компонентов между шлаком и расплавом. Окислительная способность шлака.
39. Термодинамический анализ реакций окисления углерода.
40. Механизм процесса обезуглероживания.
41. Раскисление стали, термодинамический анализ осаждающегося раскисления.
42. Неметаллические включения в стали.
43. Диффузионное раскисление

## **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     | Состав и свойства высокотемпературной газовой фазы.     | ПК-4                           | Тест                                                |
| 2     | Кинетика и механизм горения твердого углерода.          | ПК-4                           | Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ |
| 3     | Процессы термической диссоциации химических соединений. | ПК-4                           | Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ |
| 4     | Окисление и восстановление металлов                     | ПК-4                           | Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ |
| 5     | Металлургические расплавы                               | ПК-4                           | Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ |
| 6     | Обезуглероживание в стали, вредные примеси в стали      | 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. Лузгин В.П., Семин А.Е., Комолова О.А. Теория и технология металлургии стали. Учебное пособие. Гриф УМО. 2010.
2. Лузгин В.П., Косырев К.Л., Комолова О.А. Теория и технология металлургии стали: энергетика, технология и экология сталеплавильных процессов. 2010.
3. Щетинин А.А., Небольсин В.А., Корнеева В. В. Физико - химия металлургических систем и процессов. Учебное пособие. 2006.
4. Сушко Т.И., Кучер А.Т. Производство отливок из сплавов цветных металлов. Учебное пособие. 2011.
5. Сушко Т.И. Методические указания к лабораторным работам по курсу «Теория металлургических процессов» для студентов направления 150400.62 «Металлургия», профиля «Технология литейных процессов» очной формы обучения №285-2014

### **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:**

Обучающиеся могут при необходимости использовать возможности информационно-справочных систем, электронных библиотек и архивов.

Адрес электронного каталога электронно-библиотечной системы ВГТУ: <http://catalog2.vgasu.vrn.ru/MarcWeb2/>

Другие электронной информационно-образовательной ресурсы доступны по ссылкам на сайте ВГТУ-см. раздел Электронные образовательные информационные ресурсы. В их числе: библиотечные серверы в Интернет, серверы науки и образования, периодика в интернет, словари и энциклопедии.

- Электронная библиотека диссертаций Российской государственной библиотеки <http://www.diss.rsl.ru>

- Электронно-библиотечная система «Лань» <http://www.e.lanbook.com3>

- Электронно-библиотечная система «Elibrary» <http://elibrary.ru>

- Электронно-библиотечная система «IPRbooks» <http://www.iprbookshop.ru>

- Справочная правовая система Консультант Плюс. Доступна только в локальной сети ВГТУ

- Электронные ресурсы российских корпоративных библиотечных систем <http://www.arbikon.ru>

- Электронная библиотечная система ВГТУ <http://catalog.vgasu.vrn.ru/> MarcWeb2

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

1. Лекционная аудитория
2. Оборудование для выполнения лабораторных работ.
3. Мультимедийный проектор.

4. Видеоролики « Доменное производство», « Плавка стали», « Плавка чугуна».
5. Демоверсия программы LVM Flow

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

По дисциплине «Физико-химия металлургических систем» читаются лекции, проводятся практические занятия и лабораторные работы.

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

Практические занятия направлены на приобретение навыков решения задач в области физико-химии металлургических систем. Занятия проводятся путем решения конкретных задач в аудитории.

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. |
| Практическое занятие   | Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме, выполнение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму.                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 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> </ul>                                   |

|                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|---------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                       | - 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. |