



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»

УТВЕРЖДАЮ  
Директор ИММиМ  
А.С. Савинов

09.02.2023 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ  
ТОПЛИВА И УГЛЕРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Направление подготовки (специальность)  
18.03.01 Химическая технология

Направленность (профиль/специализация) программы  
Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов

Уровень высшего образования - бакалавриат

Форма обучения  
заочная

Институт/ факультет	Институт металлургии, машиностроения и материалообработки
Кафедра	Металлургии и химических технологий
Курс	3

Магнитогорск  
2023 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО - бакалавриат по направлению подготовки 18.03.01 Химическая технология (приказ Минобрнауки России от 07.08.2020 г. № 922)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Metallургии и химических технологий  
08.02.2023, протокол № 5

Зав. кафедрой  А.С. Харченко

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИММиМ  
09.02.2023 г. протокол № 5

Председатель  А.С. Савинов

Рабочая программа составлена:  
профессор кафедры МиХТ, Д.ф.-м.н.

 А.Н.Смирнов

Рецензент:

ведущий специалист НТЦ

группы по АКДП ПАО "ММК", канд. техн. наук

 Е.Н. Степанов

## Лист актуализации рабочей программы

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2024 - 2025 учебном году на заседании кафедры **Металлургии и химических технологий**

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ А.С. Харченко

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2025 - 2026 учебном году на заседании кафедры **Металлургии и химических технологий**

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ А.С. Харченко

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2026 - 2027 учебном году на заседании кафедры **Металлургии и химических технологий**

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ А.С. Харченко

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2027 - 2028 учебном году на заседании кафедры **Металлургии и химических технологий**

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ А.С. Харченко

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2028 - 2029 учебном году на заседании кафедры **Металлургии и химических технологий**

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ А.С. Харченко

## 1 Цели освоения дисциплины (модуля)

Целями освоения дисциплины «Теоретические основы химической технологии топлива и углеродных материалов» является получение студентами знаний о сущности процессов превращения горючих ископаемых при их подготовке и переработке; формирование практических умений и навыков использования основных теоретических закономерностей при выполнении техно-химических расчетов, проведении экспериментальных исследований, в производственно-технологической деятельности.

## 2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина Теоретические основы химической технологии топлива и углеродных материалов входит в часть учебного плана формируемую участниками образовательных отношений образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения дисциплин/ практик:

Аналитическая химия и физико-химические методы анализа

Общая химическая технология

Техническая термодинамика и теплотехника

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы для изучения дисциплин/практик:

Извлечение и переработка химических продуктов коксования

Коксование углей

Проектная деятельность

Технология углеродных материалов

Основы технического творчества

## 3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения

В результате освоения дисциплины (модуля) «Теоретические основы химической технологии топлива и углеродных материалов» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции
ПК-2	Способен осуществлять контроль сырья, материалов и текущих отклонений от заданных параметров для обеспечения качества коксохимической продукции в ходе ее производства
ПК-2.1	Осуществляет контроль сырья и материалов для обеспечения качества коксохимической продукции в ходе ее производства

#### 4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц 180 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 10,9 акад. часов;
- аудиторная – 8 акад. часов;
- внеаудиторная – 2,9 акад. часов;
- самостоятельная работа – 160,4 акад. часов;
- в форме практической подготовки – 0 акад. час;
- подготовка к экзамену – 8,7 акад. час

Форма аттестации - экзамен

Раздел/ тема дисциплины	Курс	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа студента	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код компетенции
		Лек.	лаб. зан.	практ. зан.				
1. Раздел 1. Введение. Классификация и запасы топлива								
1.1 География природных энергоносителей в России. Топливо и его классификация.	3	0,5			10	Подготовка к практическому занятию, собеседованию, коллоквиуму	Собеседование	ПК-2.1
Итого по разделу		0,5			10			
2. Раздел 2. Твердые горючие ископаемые (ТГИ)								
2.1 Общая характеристика ТГИ. Характеристика исходного органического материала и его превращение в процессе образования ТГИ.	3	0,5			16	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. Подготовка к собеседованию, коллоквиуму.	Собеседование, защита лабораторных работ	ПК-2.1
Итого по разделу		0,5			16			
3. Раздел 3. Макромолекулярная структура угля								
3.1 Общая характеристика бурых углей, каменных углей, антрацитов. Метаморфизм углей, факторы, влияющие на него.	3		1		20	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. Подготовка к собеседованию, коллоквиуму	Собеседование, защита лабораторных работ	ПК-2.1
Итого по разделу			1		20			
4. Раздел 4. Характеристика ТГИ по составу и технологическим характеристикам								

4.1 Петрографический состав углей. Характеристика ТГИ по данным технического анализа. Характеристика ТГИ по данным элементного состава. Групповой состав ТГИ.	3	0,5	1		20	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. Подготовка к защите лабораторных работ, коллоквиуму. Подготовка реферата (презентации)	Защита лабораторных работ, доклад подготовленной темы реферата	ПК-2.1
Итого по разделу		0,5	1		20			
5. Раздел 5. Подготовка ТГИ к переработке. Обогащение								
5.1 Обогащение ТГИ. Показатель обогатимости. Принципы гравитационного и флотационного обогащения.	3	0,5	0,5		15	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. Подготовка к защите лабораторных работ, коллоквиуму. Подготовка реферата (презентации)	Защита лабораторных работ, доклад подготовленной темы реферата.	ПК-2.1
Итого по разделу		0,5	0,5		15			
6. Раздел 6. Физико-химические основы разделения горючих ископаемых и продуктов их переработки								
6.1 Физические и физико-химические (комбинированные) методы исследования.	3	0,5	0,5		25	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. Подготовка к защите лабораторных работ, коллоквиуму. Подготовка реферата (презентации).	Защита лабораторных работ, доклад подготовленной темы реферата	ПК-2.1
Итого по разделу		0,5	0,5		25			
7. Раздел 7. Методы переработки ТГИ.								
7.1 Термическая деструкция. Продукты первичного и вторичного пиролиза и их характеристика.	3	0,5	0,5		19,4			ПК-2.1
Итого по разделу		0,5	0,5		19,4			
8. Раздел 8. Теоретические основы промышленного производства каменноугольного кокса								

8.1 Стадия предпластического нагрева. Стадия пластического состояния. Стадия образования полукокса. Стадия превращения полукокса в кокс.	3	0,5	0,5		15	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. Подготовка к защите лабораторных работ, коллоквиуму. Подготовка реферата (презентации).	Защита лабораторных работ, доклад подготовленной темы реферата.	ПК-2.1
Итого по разделу		0,5	0,5		15			
9. Раздел 9. Газификация, гидрогенизация и другие способы переработки ТГИ								
9.1 Деструктивная гидрогенизация ( ДГ) твердых топлив. Цель, способы. Теоретические основы ДГ. Влияние гидрогенизации на спекаемость бурых и каменных углей.	3	0,5			20	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. Подготовка к защите лабораторных работ, коллоквиуму. Подготовка реферата (презентации)	Защита лабораторных работ, доклад подготовленной темы реферата.	ПК-2.1
Итого по разделу		0,5			20			
Итого за семестр		4	4		160,4		экзамен	
Итого по дисциплине		4	4		160,4		экзамен	

## **5 Образовательные технологии**

В процессе преподавания дисциплины «Теоретические основы химической технологии топлива и углеродных материалов» применяются традиционная и модульно-компетентностная технологии.

Лекции проходят как в форме лекции-информации, так и в форме лекции-визуализации. Лекции проводятся с использованием интерактивного метода – «обучение на основе опыта» для создания аналогий между изучаемыми явлениями и знакомыми студентам жизненными ситуациями и более глубокого усваивания изучаемых вопросов. В рамках учебного курса предусмотрена встреча на одной из лекций со специалистом технологической группы коксохимического производства ПАО «ММК» для получения информации прикладного характера и знакомства с передовыми технологиями и методами труда.

Лекционный материал закрепляется в ходе лабораторных работ, на которых выполняются групповые или индивидуальные задания по пройденной теме. Выполнение лабораторных работ проводится с элементами исследования и внедрением инновационной технологии коллективного взаимообучения. (Для формирования системного творческого технического мышления и способности генерировать нестандартные технические идеи при решении творческих производственных задач). Контекстный метод обучения при проведении лабораторных занятий позволяет усвоить материал путем выявления связей между конкретным знанием и его применением. При защите лабораторных работ проводится учебная дискуссия, как метод интерактивного обучения, позволяющая обмениваться взглядами студентам по конкретной проблеме.

Данный метод используется и для решения задач исследовательского характера на практических занятиях. Студентам выдаются задания закрепляющие знания, полученные на лекциях и моделирующие технологические процессы на производстве. Высокая степень самостоятельности их выполнения студентами способствует развитию логического мышления и более глубокому освоению теоретических положений и их практического использования. По результатам, полученным при решении задач, происходит дискуссия и формулируется вывод об оптимальном режиме проведения технологического процесса. На практических занятиях применяются также следующие виды интерактивного обучения: контекстное обучение, междисциплинарное обучение, эвристическая беседа, позволяющие находить ответ на проблему, используя знания полученные и на других дисциплинах.

Самостоятельная работа студентов стимулирует студентов к самостоятельной про-работке тем в процессе выполнения курсового проекта, в процессе подготовки к лабораторным, практическим работам и промежуточной аттестации.

## **6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

Представлено в приложении 1.

## **7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации**

Представлены в приложении 2.

## **8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)**

### **а) Основная литература:**

1. Неведров, А.В. Химия природных энергоносителей [Электрон.ресурс]: учебное пособие / А.В. Неведров, Е.В. Васильева, А.В. Папин. — Кемерово : КузГТУ имени Т.Ф. Горбачева, 2019. — 165 с. — ISBN 978-5-00137-054-3. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. — URL: <https://e.lanbook.com/book/122219> — Режим доступа: для авториз. пользователей.



2. Козловский Е.А. Минерально-сырьевая база угольной промышленности. В 2-х томах. Т.1. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — М. : Горная книга, 1999. — 648 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/3214>

**б) Дополнительная литература:**

1. Пучков Л.А. Углеэнергетический комплекс будущего. [Электронный ресурс] / Л.А. Пучков, Б.М. Воробьев, Ю.Ф. Васючков. — Электрон. дан. — М. : Горная книга, 2007. — 245 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/3222> — Загл. с экрана.

2. Теоретические основы химико-технологических процессов [Электронный ресурс] : учебное пособие / А. Н. Смирнов, С. А. Крылова, В. И. Сысоев ; МГТУ. - Магнито-горск : МГТУ, 2018. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Режим доступа: <https://magtu.informsistema.ru/uploader/fileUpload?name=3515.pdf&show=dcatalogues/1/1514321/3515.pdf&view=true> - Макрообъект. - ISBN 978-5-9967-1095-9.

3.Ефремов Г. И. Моделирование химико-технологических процессов [Электронный ресурс] : учебник / Г. И. Ефремов. — М. : ИНФРА-М, 2018. — 255 с. + Доп. материалы — Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=942787> — Загл. с экрана.

**в) Методические указания:**

1. Теоретические основы химической технологии [Текст]: учеб. пособие /А.Н. Смирнов, С.А. Крылова, В.И. Сысоев. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2018. 61 с. 10 шт.

2. Петухов В.Н., Волощук Т.Г. Пластометрический метод определения спекаемости углей. Методические указания по дисциплине «Теоретические основы химической технологии топлива и углеродных материалов» - Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И.Носова, 2014 -10с

3. Петухов В. Н. Методы испытания спекающей и коксующей способности каменных углей и шихты [Электронный ресурс] : учебное пособие / В. Н. Петухов, Т. Г. Волощук ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2014. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Режим доступа: <https://magtu.informsistema.ru/uploader/fileUpload?name=46.pdf&show=dcatalogues/1/1121323/46.pdf&view=true> - Макрообъект.

**г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:**

**Программное обеспечение**

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
7Zip	свободно распространяемое ПО	бессрочно
FAR Manager	свободно распространяемое ПО	бессрочно
Браузер Yandex	свободно распространяемое ПО	бессрочно

**Профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

Название курса	Ссылка
----------------	--------

Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И. Носова	<a href="https://magtu.informsystema.ru/Marc.html?locale=ru">https://magtu.informsystema.ru/Marc.html?locale=ru</a>
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт	URL: <a href="http://www1.fips.ru/">http://www1.fips.ru/</a>
Поисковая система Академия Google (Google Scholar)	URL: <a href="https://scholar.google.ru/">https://scholar.google.ru/</a>
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс	URL: <a href="https://elibrary.ru/project_risc.asp">https://elibrary.ru/project_risc.asp</a>

### 9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

1. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа оснащена:
  - техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории: мультимедийными средствами хранения, передачи и представления учебной информации;
  - специализированной мебелью.
2. Учебная аудитория для проведения лабораторных занятий «Лаборатория по химической технологии топлива» оснащена лабораторным оборудованием:
  - лабораторное оборудование:
  - муфельные шкафы;
  - аналитические весы;
  - плитки электрические;
  - химические реактивы, химическая посуда, водяные бани, термометры и т.д.
  - колбонагреватели электрические, холодильники, термометры,
  - приборы Жукова,
  - сушильный шкаф,
  - набор ареометров,
  - бюретки Котвинкеля,
  - титриметрические установки,
  - установки для разгонки смолы и сырого бензола.
  - специализированной мебелью.
3. Учебная аудитория для групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации оснащена:
  - компьютерной техникой с пакетом MS Office, с подключением к сети «Интернет» и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета;
  - специализированной мебелью.
4. Помещение для самостоятельной работы оснащено:
  - компьютерной техникой с пакетом MS Office, с подключением к сети «Интернет» и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета;
  - специализированной мебелью.
5. Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования оснащено:
  - специализированной мебелью: стеллажами для хранения учебного оборудования;
  - инструментами для ремонта учебного оборудования;
  - шкафами для хранения учебно-методической документации и материалов.

**6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

*Вопросы к коллоквиуму по разделам 1- 3*

1. Топливо и его классификация. Значение горючих ископаемых и углеродных материалов в энергетике, химической и других отраслях промышленности
2. География природных энергоносителей в России. Разведанные и используемые запасы ископаемых углей в России.
3. Возможности и перспективы химической переработки твердых горючих ископаемых
4. Источники образования ТГИ. Общая систематика ТГИ. Понятие о гумитах, сапропелитах, липтобиолитах
5. Общие сведения об угольных месторождениях
6. Характеристика исходного органического материала, его групповой и элементный состав
7. Происхождение углей, стадии углеобразования.
8. Первая фаза углеобразования -гумификация. Процессы тления, перегнивания, оторфения и гниения
9. Торфяная стадия. Виды торфов, условия их образования, групповой состав, степень разложения
10. Угольная стадия. Виды углей, условия их образования.
11. Элементный состав ТГИ, содержание влаги, выход летучих в зависимости от степени углефикации
12. Общая характеристика бурых углей, каменных углей, антрацитов
13. Метаморфизм углей, факторы, влияющие на него
14. Характеристика химического элемента: углерод. Аллотропные формы углерода, его валентные состояния в этих формах, типы связей, кристаллические решетки.
15. Строение органической массы ТГИ. Мицеллярные, макромолекулярные и полимерная гипотезы строения.
16. Закономерности строения ядерной и периферической частей структурных единиц макромолекул с изменением стадии метаморфизма.
17. Строение ядерной и периферийной частей структурных единиц макромолекул петрографических микрокомпонентов углей (витринита, инертинита и липтинита).
18. Современные представления о молекулярном строении органической массы ТГИ.
19. Модели строения и их надмолекулярная структура.
20. Петрографический состав ископаемых углей
21. Мацералы, их группы. Характеристика мацералов. Диагностика мацералов по показателю отражения
22. Литотипы и строение углей
23. Минеральные примеси ТГИ, их основные превращения.

*Вопросы к коллоквиуму по разделу 4*

1. Дайте определение понятиям: партия, объединенная проба, точечная проба, лабораторная проба, аналитическая проба, рабочее состояние топлива, аналитическое состояние топлива, сухое состояние топлива, сухое беззольное состояние топлива. Обозначения.
2. Как проводится пересчет результатов анализа твердого топлива для различных его состояний?
3. Показатели технического анализа ТГИ. Содержание влаги. Определение массовой доли влаги. Влияние природы, стадии метаморфизма, петрографического состава на влажность твёрдого топлива.
4. Содержание минеральных примесей в ТГИ. Поведение минеральных компонентов при сжигании и при пиролизе.
5. Дайте определение зольности топлива, и напишите формулы пересчета на сухую и рабочую массы топлива. Сущность определения зольности.

6. Содержание сернистых соединений в ТГИ. Сущность определения. Виды серы и влияние их на качественные показатели угля и кокса.
7. Что называется летучими веществами, и какие соединения входят в их состав? Определение выхода летучих веществ.
8. Выход летучих веществ из ТГИ. Влияние природы, стадии метаморфизма и петрографического состава топлива на выход летучих веществ и показатели качества продукции пиролиза ТГИ.
9. Какие из природных энергетических топлив характеризуются наибольшим выходом летучих веществ и почему?
10. Приведите классификацию нелетучего остатка. От чего зависит выход и свойства твердых нелетучих остатков?
11. Теплота сгорания топлива. Ее зависимость от различных факторов. Что понимают под удельной теплотой сгорания?
12. Высшая и низшая теплота сгорания топлива. Чем объясняется различие между ними? В чем заключается сущность метода определения теплоты сгорания топлива? Какой показатель энергетической ценности топлива принято использовать при расчетах расхода топлива?
13. Какие элементы входят в состав твердого топлива? Какие из них являются горючими и негорючими?
14. Какие элементы являются балластом и почему?
15. Какие виды серы входят в состав топлива?
16. Что включает в себя элементный анализ ТГИ? Где используются данные этого анализа?
17. Какими способами можно определить элементный состав топлива? Как выражается элементный состав рабочей массы, аналитической массы, сухой массы, сухой беззольной (горючей) массы, органической массы топлива?
18. Элементный состав ТГИ, закономерности его изменения в зависимости от природы, стадии метаморфизма и петрографического состава.
19. Влияние элементного состава ТГИ на теплоту сгорания топлива.
20. Групповой химический состав ТГИ по данным изучения продуктов экстракции минеральными реагентами.
21. Групповой химический состав ТГИ по данным исследования продуктов экстракции органическими реагентами.

*Вопросы к коллоквиуму по разделам 5-7*

1. Обогащение ТГИ. Показатель обогатимости. Принципы гравитационного и флотационного обогащения.
2. Методы разделения горючих ископаемых и продуктов их переработки: экстракция, перегонка и ректификация.
3. Методы разделения горючих ископаемых и продуктов их переработки: адсорбция, абсорбция, мембранные методы.
4. Методы разделения горючих ископаемых и продуктов их переработки: кристаллизация, комплексообразование.
5. Физические и физико-химические методы исследования горючих ископаемых и продуктов их переработки. Их сущность, область применения
6. Термическая деструкция углей. Закономерности процессов термической деструкции. Термическая устойчивость как функция энергии связи.
7. Пиролиз ОМУ. Общая схема, этапы термической деструкции. Классификация последовательно-параллельных процессов термической деструкции каменного угля.
8. Закономерности разрыва химических связей в ОМУ при пиролизе.
9. Общие закономерности разрушения различных структур ОМУ при пиролизе (парафиновые, нафтеновые, ароматические, алкилароматические с короткой и длинной цепью, диеновый синтез).
10. Особенности термической деструкции различных классов УВ при низких и высоких температурах. Ряды стабильности УВ при равном числе атомов углерода в молекуле.

11. Реакции парогазовых продуктов с образовавшимся полукоксом - коксом.
12. Кинетические исследования процесса пиролиза углей. Цель и задачи кинетического исследования.
13. Методы термического анализа: Дериватография. Дериватографические кривые: ТГ, ДТГ, ДТА, Т. Основные периоды термохимических превращений ТГИ.
14. Кинетическая схема и кинетическая модель пиролиза каменного угля
15. Температурные интервалы пиролиза каменного угля. Краткая характеристика процессов и продуктов пиролиза.
16. Общая схема пиролиза каменного угля (Н.С. Грязнова). Ее краткая характеристика.
17. Примерный выход продуктов пиролиза каменного угля при полукоксовании и коксовании. Чем он определяется?
18. Проанализируйте характер выхода CO, CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub> при пиролизе угля в интервале температур 100-900 °C.

#### Вопросы к коллоквиуму по разделам 8-9

1. Характеристика предпластического нагрева. Процессы, протекающие в этом температурном интервале.
2. Стадия пластического состояния. Особенности перехода угля в пластическое состояние.
3. Процессы, протекающие в ОМУ в пластическом состоянии. Реакции гидрирования-дегидрирования.
4. Особенности процессов жидкофазной и твердофазной поликонденсации.
5. Показатели качества пластической массы (количество, вязкость, продолжительность пребывания угля в пластическом состоянии, количество зон пластического контакта между зернами угля).
6. Факторы, определяющие свойства пластической массы (уровень метаморфизма углей, петрографический состав, температурные интервалы пластичности, скорость нагрева, размер угольных зерен, добавки смоличьих высокомолекулярных органических соединений и др.).
7. Стадия образования полукокса. Понятия о спекаемости и коксуемости угля.
8. Факторы, определяющие спекаемость угля (характеристика угля, крупность угольных зерен, скорость нагрева, уплотнение угольной загрузки, минеральные добавки, органические добавки).
9. Методы определения спекаемости каменного угля. Показатели спекаемости.
10. Характеристика пластических свойств угля по методу Сапожникова. Пластометрическая кривая. Виды пластометрической кривой.
11. Переход полукокса в кокс. Механизм процесса.
12. Влияние усадки полукокса-кокса на показатели его крупности.
13. Прочность кокса. Виды прочности.
14. Дробимость и истираемость кокса. Показатели.
15. Методы определения коксуемости каменного угля.
16. Деструктивная гидрогенизация (ДГ) твердых топлив. Цель, способы.
17. Теоретические основы ДГ.
18. Сырье, используемое для ДГ.
19. Факторы, влияющие на процесс ДГ
20. Влияние гидрогенизации на спекаемость бурых и каменных углей

#### Примеры расчетных заданий:

1. Определить теплотворную способность ( $Q_n$ ) угля, элементный состав которого следующий

Элемент	C	H	S	N	O	W	A
Содержание, масс. %	37,2	2,6	0,6	0,4	12	40	7,2

Решение. Подставим приведенные в таблице данные в формулу Менделеева:

$$Q_H = 0,339[C] + 1,025[H] + 0,1085[S] - 0,1085[O] = \\ 0,339 \cdot 37,2 + 1,025 \cdot 2,6 + 0,1085 \cdot 0,6 - 0,1085 \cdot 0,12 = 13,0 \text{ МДж/кг.}$$

Ответ: 13 МДж/кг.

2. Определить теплоту сгорания смеси газов состава, об. %:  $H_2$ -87;  $CH_4$ -2,5;  $C_2H_2$ -0,5;  $CO_2$ -10.

Решение. Низшую теплоту сгорания  $1\text{ м}^3$  смеси газов данного состава рассчитаем по формуле

$$Q_H(\text{см}) = 0,108[H_2] + 0,358[CH_4] + 0,560[C_2H_2] = \\ 0,108 \cdot 87 + 0,358 \cdot 2,5 + 0,560 \cdot 0,5 = 10,571 \text{ МДж/м}^3.$$

Ответ: 10,571 МДж/кг.

3. При обогащении труднообогатимого угля были получены: концентрат с зольностью 10%, промежуточный продукт, содержащий 30% минеральных веществ, при выходе 4,5% и отходы зольностью 72%, выход их составил 25%. Определить зольность рядового угля.

Решение. Находим процентный выход ( $A_{p.y.}$ ) концентрата:

$$100 - 4,5 - 25 = 70,5\%.$$

Зольность рядового угля равна:

$$A_{p.y.} = (10 \cdot 70,5 + 30 \cdot 4,5 + 72 \cdot 25) / 100 = 26,4\%$$

4. При испытании на обогатимость углей двух различных месторождений методом расслоения проб в тяжелых жидкостях получены следующие результаты по выходу:

проба 1: промежуточных фракций с плотностью  $1400-1800 \text{ кг/м}^3$  – 3,76%; беспородных с плотностью  $< 1800 \text{ кг/м}^3$  – 84,9%;

проба 2: промежуточных - 29,0%; беспородных - 71,2%.

Определить категорию обогатимости этих углей.

Решение.

Обогатимость равна

$$T = (\gamma_{пр} / \gamma_{бп}) \cdot 100, \%$$

где  $\gamma_{пр}$  – выход промежуточных фракций,  $\gamma$  –  $1400-1800 \text{ кг/м}^3$ ,

$\gamma_{бп}$  – выход беспородной массы,  $\gamma < 1800 \text{ кг/м}^3$ .

Таким образом:

$$1. (3,76/84,9) \cdot 100 = 4,43\%, \text{ т. е. легкая};$$

$$2. (29,0/71,2) \cdot 100 = 40,7\%, \text{ т. е. очень трудная}.$$

5. Плотность насыпной массы шихты уменьшилась с  $775$  до  $760 \text{ кг/м}^3$  при неизменной влаге и других параметрах ее качества. Как изменится расход газа на обогрев батареи для сохранения постоянным уровня готовности кокса? Прежнее значение общего расхода газа -  $11220 \text{ м}^3/\text{ч}$ .

Решение. Количество коксуемой шихты (кг) в первом случае  $775 \cdot V_k$ , во - случае  $760 \cdot V_k$  ( $V_k$  - полезный объем камеры коксования).

С уменьшением плотности насыпной массы шихты количество коксуемой шихты уменьшилось в  $775 \cdot V_k / (760 \cdot V_k) = 1,0197$  раз, следовательно, расход отопительного газа уменьшится во столько же раз и составит:

$$11220 : 1,0197 = 11003 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

6. При обогреве доменным газом изменение коэффициента избытка воздуха с 1,3 на 1,5 привело к увеличению количества продуктов горения с  $1,85$  до  $2 \text{ м}^3$  на  $1 \text{ м}^3$  газа. Температура продуктов горения  $300^\circ\text{C}$ , теплоемкость -  $1,47 \text{ кДж/(м}^3 \cdot \text{K)}$ . Определить дополнительный унос тепла на 1

нм<sup>3</sup> газа. На сколько процентов увеличится расход тепла на обогрев при теплоте сгорания газа 4000 кДж/нм<sup>3</sup>.

Решение. Дополнительный унос тепла связан с повышенной плотностью продуктов сгорания доменного газа по сравнению с плотностью продуктов сгорания коксовым газом. Для 1 нм<sup>3</sup> газа он составит:

$$Q_{\text{доп}} = (2 - 1,85)1,47 \cdot 300 = 65,5 \text{ кДж.}$$

Расход тепла на обогрев увеличится на  $(65,5/4000)100 = 1,64 \%$ .

7. Известно, что удельный расход тепла на коксование влажной шихты ( $W = 10\%$ ) составляет  $q_{\text{вш}} = 2700$  кДж/кг. Определить удельный расход тепла на коксование сухой шихты  $q_{\text{сш}}$ .

Решение. Воспользуемся формулой

$$q_{\text{вш}} = q_{\text{сш}} \frac{100 - w}{100} + q_w \frac{w}{100};$$

$q_{\text{вш}}$  — удельный расход тепла на коксование 1 кг сухой шихты, кДж/кг;

$q_w$  — удельный расход тепла на испарение 1 кг воды и перегрев водяных паров, кДж/кг. Если принять энтальпию 1 кг водяных паров при 0° С 2490 кДж/кг, а теплоту перегрева  $c \cdot t = 2,04 \cdot 650 = 1320$  кДж/кг, то при к. п. д. печей 75 %,  $q_w = 5070$  кДж/кг/ Фактически эта величина может доходить до 5800 кДж/кг.

Выразим  $q_{\text{сш}}$ :

$$q_{\text{сш}} = \frac{q_{\text{вш}} - 58w}{100 - w} = \frac{2700 - 58 \cdot 10}{100 - 10} 100 = 2356 \text{ кДж/кг.}$$

### Примерные темы рефератов

1. Оценка видов природных энергоносителей как сырья для термической и термохимической переработки.
2. Современное состояние и основные тенденции в развитии технологии переработки природных энергоносителей в России и в мире.
3. Теоретическое и практическое значение физических свойств как природных топлив, так и твердых продуктов их термической переработки.
4. Пористость углей. Классификация, характеристика и методы изучения пор углей. Методы исследования суммарной внутренней поверхности углей.
5. Оптические свойства твердых топлив. Отражательная способность петрографических ингредиентов и степень метаморфизма.
6. Хроматография как метод исследования в углехимии
7. Методы ИК-спектроскопии в исследовании углей.
8. Растворение углей как метод познания их структуры и как метод получения из угля жидких продуктов практического назначения.
9. Растворение углей в донорах водорода и в присутствии водорода. Реакционная способность угля, выявленная при растворении. Управление реакционной способностью угля.
10. Низшая и высшая теплота сгорания. Связь выхода летучих, элементного состава топлив с теплотой сгорания. Анализ расчетных формул для вычисления теплоты сгорания по элементному составу.
11. Развитие технологии коксования твердых природных энергоносителей в России и в мире.
12. Превращение в пластическое состояние как результат термической деструкции угля. Свойства углей в пластическом состоянии: вязкость газопроницаемость, динамика газовыделения, температурные интервалы.
13. Спекаемость, спекающая способность и коксуемость углей. Методы их определения.
14. Значение и необходимость обогащения углей. Теоретические основы обогащения. Оценка степени обогащения.
15. Основные принципы расчета и составления угольных шихт для производства металлургического кокса.

7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
ПК-2	Способен осуществлять контроль сырья, материалов и текущих отклонений от заданных параметров для обеспечения качества коксохимической продукции в ходе ее производства	
ПК-2.1	Осуществляет контроль сырья и материалов для обеспечения качества коксохимической продукции в ходе ее производства	<p><b>Перечень теоретических вопросов к экзамену:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Элементный состав ТГИ, содержание влаги, выход летучих в зависимости от степени углефикации</li> <li>2. Общая характеристика бурых углей, каменных углей, антрацитов</li> <li>3. Метаморфизм углей, факторы, влияющие на него</li> <li>4. Характеристика химического элемента: углерод. Аллотропные формы углерода, его валентные состояния в этих формах, типы связей, кристаллические решетки.</li> <li>5. Строение органической массы ТГИ. Мицеллярные, макромолекулярные и полимерная гипотезы строения.</li> <li>6. Закономерности строения ядерной и периферической частей структурных единиц макромолекул с изменением стадии метаморфизма.</li> <li>7. Строение ядерной и периферийной частей структурных единиц макромолекул петрографических микрокомпонентов углей (витринита, инертинита и липтинита).</li> <li>8. Современные представления о молекулярном строении органической массы ТГИ.</li> <li>9. Модели строения и их надмолекулярная структура.</li> <li>10. Петрографический состав ископаемых углей</li> <li>11. Мацералы, их группы. Характеристика мацералов. Диагностика мацералов по показателю отражения</li> <li>12. Литотипы и строение углей</li> <li>13. Минеральные примеси ТГИ, их основные превращения.</li> <li>14. Содержание минеральных примесей в ТГИ. Поведение минеральных компонентов при сжигании и при пиролизе.</li> <li>15. Дайте определение зольности топлива, и напишите формулы пересчета на сухую и рабочую массы топлива. Сущность определения зольности.</li> <li>16. Содержание сернистых соединений в ТГИ. Сущность определения. Виды серы и</li> </ol>

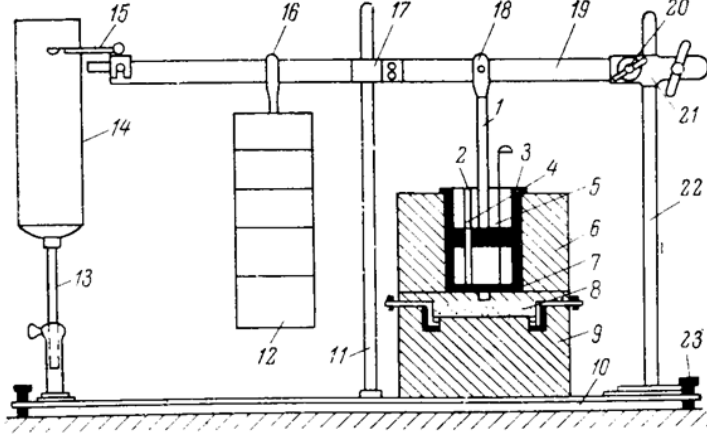


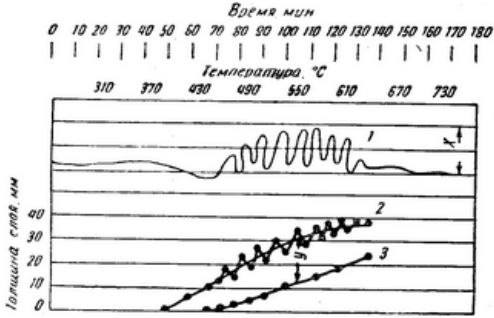
Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>влияние их на качественные показатели угля и кокса.</p> <p>17. Что называется летучими веществами, и какие соединения входят в их состав? Определение выхода летучих веществ.</p> <p>18. Выход летучих веществ из ТГИ. Влияние природы, стадии метаморфизма и петрографического состава топлива на выход летучих веществ и показатели качества продукции пиролиза ТГИ.</p> <p>19. Какие из природных энергетических топлив характеризуются наибольшим выходом летучих веществ и почему?</p> <p>20. Приведите классификацию нелетучего остатка. От чего зависит выход и свойства твердых нелетучих остатков?</p> <p>21. Теплота сгорания топлива. Ее зависимость от различных факторов. Что понимают под удельной теплотой сгорания?</p> <p>22. Высшая и низшая теплота сгорания топлива. Чем объясняется различие между ними? В чем заключается сущность метода определения теплоты сгорания топлива? Какой показатель энергетической ценности топлива принято использовать при расчетах расхода топлива?</p> <p>23. Какие элементы входят в состав твердого топлива? Какие из них являются горючими и негорючими?</p> <p>24. Какие элементы являются балластом и почему?</p> <p>25. Какие виды серы входят в состав топлива?</p> <p>26. Что включает в себя элементный анализ ТГИ? Где используются данные этого анализа?</p> <p>27. Какими способами можно определить элементный состав топлива? Как выражается элементный состав рабочей массы, аналитической массы, сухой массы, сухой беззольной (горючей) массы, органической массы топлива?</p> <p>28. Элементный состав ТГИ, закономерности его изменения в зависимости от природы, стадии метаморфизма и петрографического состава.</p> <p>29. Влияние элементного состава ТГИ на теплоту сгорания топлива.</p> <p>30. Групповой химический состав ТГИ по данным изучения продуктов экстракции минеральными реагентами.</p> <p>31. Групповой химический состав ТГИ по данным исследования продуктов экстракции органическими реагентами.</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>32. Обогащение ТГИ. Показатель обогатимости. Принципы гравитационного и флотационного обогащения.</p> <p>33. Методы разделения горючих ископаемых и продуктов их переработки: экстракция, перегонка и ректификация.</p> <p>34. Методы разделения горючих ископаемых и продуктов их переработки: адсорбция, абсорбция, мембранные методы.</p> <p>35. Методы разделения горючих ископаемых и продуктов их переработки: кристаллизация, комплексообразование.</p> <p>36. Физические и физико-химические методы исследования горючих ископаемых и продуктов их переработки. Их сущность, область применения</p> <p>37. Термическая деструкция углей. Закономерности процессов термической деструкции. Термическая устойчивость как функция энергии связи.</p> <p>38. Пиролиз ОМУ. Общая схема, этапы термической деструкции. Классификация последовательно-параллельных процессов термической деструкции каменного угля.</p> <p>39. Закономерности разрыва химических связей в ОМУ при пиролизе.</p> <p>40. Общие закономерности разрушения различных структур ОМУ при пиролизе (парафиновые, нафтоновые, ароматические, алкилароматические с короткой и длинной цепью, диеновый синтез).</p> <p>41. Особенности термической деструкции различных классов УВ при низких и высоких температурах. Ряды стабильности УВ при равном числе атомов углерода в молекуле.</p> <p>42. Реакции парогазовых продуктов с образовавшимся полукоксом -коксом.</p> <p>43. Кинетические исследования процесса пиролиза углей. Цель и задачи кинетического исследования.</p> <p>44. Методы термического анализа: Дериватография. Дериватографические кривые: ТГ, ДТГ, ДТА, Т. Основные периоды термохимических превращений ТГИ.</p> <p>45. Кинетическая схема и кинетическая модель пиролиза каменного угля</p> <p>46. Температурные интервалы пиролиза каменного угля. Краткая характеристика процессов и продуктов пиролиза.</p> <p>47. Общая схема пиролиза каменного угля (Н.С. Грязнова). Ее краткая характеристика.</p> <p>48. Примерный выход продуктов пиролиза каменного угля при полукоксовании и коксовании. Чем он определяется?</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>49. Проанализируйте характер выхода CO, CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub> при пиролизе угля в интервале температур 100-900 0С.</p> <p><i>Задачи для самостоятельного решения:</i></p> <p>Какими способами можно увеличить равновесное превращение при протекании реакций</p> $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} = \text{CO}_2 + \text{H}_2 + Q_p; \quad \text{C}_4\text{H}_{10} = \text{C}_4\text{H}_8 + \text{H}_2 - Q_p.$ <p>Напишите выражение для константы равновесия.</p> <p>При обжиге шихты, содержащей 10т известняка и кокс определить: а) расход кокса состава (мас.%): C - 91; зола – 7; влага – 2; б) состав обжиговых газов (об.%); в) тепловой эффект реакции обжига. Степень разложения при обжиге известняка 95%. Воздух подается с 40% избытком.</p> <p>Составить материальный и тепловой баланс процесса получения водорода каталитической конверсией метана. Состав исходной газовой смеси (м<sup>3</sup>): CH<sub>4</sub> - 100,0; H<sub>2</sub>O - 250,0. Потери теплоты составляют 4% от прихода. Температура смеси на входе в реактор - 380°С, на выходе 800°С. Процесс идет по реакции: CH<sub>4</sub> + H<sub>2</sub>O = CO + 3H<sub>2</sub> – 206200кДж/моль</p> <p>При лабораторных испытаниях был получен элементный состав кузнецкого угля на горючую массу, %: C<sup>daf</sup>=84,0, H<sup>daf</sup>= 4,5; N<sup>daf</sup>=2,0; O<sup>daf</sup>=9,0; S<sup>daf</sup>= 0,5. Влажность и зольность на рабочую массу составила: W<sup>r</sup>=12,0; A<sup>r</sup>=11,4 %. Определите состав рабочей массы угля.</p> <p>В цехе размерами 90х20х6 м<sup>3</sup> из-за разгерметизации оборудования испарилось 10 кг аммиака. Температура воздуха в цехе 20 °С, давление P= 750 мм рт.ст. Рассчитать объемную концентрацию аммиака в воздухе и определить взрывоопасной ли получилась его смесь с воздухом, если считать, что пары аммиака равномерно распределились по всему свободному объему помещения? Значение коэффициента, учитывающего, что часть объема помещения занята оборудованием, принять равным 0,8. Концентрационные пределы воспламенения аммиака составляют, об.%: нижний -15,0, верхний – 28.</p> <p>При испытании на обогатимость углей двух различных месторождений методом расслоения проб в тяжелых жидкостях получены следующие результаты по выходу: проба 1: промежуточных фракций с плотностью 1400–1800 кг/нм<sup>3</sup> – 3,76%; беспородных с плотностью &lt; 1800 кг/нм<sup>3</sup> – 84,9%; проба 2: промежуточных - 29,0%; беспородных – 71,2%.</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>Определить категорию обогатимости этих углей.  Выполнить пересчет результатов анализа твердого топлива для различных его состояний.  При лабораторных испытаниях был получен элементный состав кузнецкого угля на горючую массу, %: <math>C^{daf}=84,0</math>, <math>H^{daf}= 4,5</math>; <math>N^{daf}=2,0</math>; <math>O^{daf}=9,0</math>; <math>S^{daf}= 0,5</math>. Влажность и зольность на рабочую массу составила: <math>W^r=12,0</math>; <math>A^r=11,4</math> %. Определите состав рабочей массы угля.</p> <p><i>Задание на решение задач из профессиональной области (домашнее индивидуальное задание)</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Рассчитайте массу и объем сухого воздуха, теоретически необходимого для полного сгорания 1 кг угля с массовой долей: C -0,862, H<sub>2</sub> – 0,046, N<sub>2</sub>– 0,012, влаги -0,010, золы – 0,070.</li> <li>2. Рассчитать теоретический объем воздуха необходимый для полного сгорания 1 кг диэтилового эфира C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OC<sub>2</sub>H<sub>5</sub> при температуре 10 °С и давлении 1,2 ат. У фурм доменной печи сгорает 50000 кг угля в час (содержание углерода в угле 80%). Рассчитать теоретическое количество сухого воздуха (м<sup>3</sup>/мин), необходимое для горения угля, если весь углерод сгорает до СО. (2963 м<sup>3</sup>/мин).</li> <li>3. Доменный газ состава (об.%): оксид углерода (II) СО – 28, водород H<sub>2</sub> – 3, СО<sub>2</sub> – 12, метан СН<sub>4</sub> – 0,6, С<sub>2</sub>Н<sub>4</sub> – 0,2, азот N<sub>2</sub> – 56,2. Горение протекает с 20 % избытком воздуха. (10,1 м<sup>3</sup>). Рассчитать а) теоретически необходимое количество воздуха для сжигания 1 м<sup>3</sup> доменного газа; б) состав продуктов горения.</li> <li>4. Назовите общие закономерности разрушения различных структур ОМУ при пиролизе (парафиновые, нафтеновые, ароматические, алкилароматические с короткой и длинной цепью, диеновый синтез). Какие продукты при этом получаются?</li> </ol>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		 <p>Что изображено на рис.? Опишите работу этой установки.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>При обогащении труднообогатимого угля были получены: концентрат с зольностью 10%, промежуточный продукт, содержащий 30% минеральных веществ, при выходе 4,5% и отходы зольностью 72%, выход их составил 25%. Определить зольность рядового угля.</li> <li>Плотность насыпной массы шихты уменьшилась с 775 до 760 кг/м<sup>3</sup> при неизменной влаге и других параметрах ее качества. Как изменится расход газа на обогрев батареи для сохранения постоянным уровня готовности кокса? Прежнее значение общего расхода газа - 11220 нм<sup>3</sup>/ч.</li> <li>Что изображено на рис.? Какую информацию можно получить из анализа этих кривых?</li> </ol>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		 <p>8. Назовите температурные интервалы пиролиза каменного угля. Дайте краткую характеристику процессов и продуктов пиролиза. Каков примерный выход продуктов пиролиза каменного угля при полукоксовании и коксовании. Чем он определяется?</p> <p>9. Высшая и низшая теплота сгорания топлива. Чем объясняется различие между ними? В чем заключается сущность метода определения теплоты сгорания топлива? Какой показатель энергетической ценности топлива принято использовать при расчетах расхода топлива?</p> <p>10. Назовите марки углей. Как изменится качество кокса при изменении содержания отдельных марок углей?</p>

**б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания:**

Промежуточная аттестация по дисциплине «Теоретические основы химической технологии топлива и углеродных материалов» включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, и практические задания, выявляющие степень сформированности умений и владений, проводится в форме экзамена.

Экзамен по данной дисциплине проводится в устной форме по экзаменационным билетам, каждый из которых включает 2 теоретических вопроса и одно практическое задание.

**Показатели и критерии оценивания экзамена:**

– на оценку **«отлично»** (5 баллов) – обучающийся демонстрирует высокий уровень сформированности компетенций, высокий уровень знаний не только на уровне воспроизведения и объяснения информации, но и интеллектуальные навыки решения проблем и задач:

дается комплексная оценка предложенной ситуации;

демонстрируются глубокие знания теоретического материала и умение их применять;

последовательное, правильное выполнение всех практических заданий;

умение обоснованно излагать свои мысли, делать необходимые выводы.

– на оценку **«хорошо»** (4 балла) – обучающийся демонстрирует средний уровень сформированности компетенций:

дается комплексная оценка предложенной ситуации;

демонстрируются достаточные знания теоретического материала и умение их применять; но допускаются незначительные ошибки, неточности

выполнение всех практических заданий; возможны единичные ошибки, исправляемые самим студентом после замечания преподавателя;

затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.

– на оценку **«удовлетворительно»** (3 балла) – обучающийся демонстрирует пороговый уровень сформированности компетенций:

затруднения с комплексной оценкой предложенной ситуации;

неполное теоретическое обоснование, требующее наводящих вопросов преподавателя;

выполнение заданий при подсказке преподавателя;

затруднения в формулировке выводов.

– на оценку **«неудовлетворительно»** (2 балла) – обучающийся демонстрирует знания не более 20% теоретического материала, допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

– на оценку **«неудовлетворительно»** (1 балл) – обучающийся не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач неправильная оценка предложенной ситуации.