

**ПЕРВОЕ ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ РОССИИ**



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**СОГЛАСОВАНО**

**УТВЕРЖДАЮ**

\_\_\_\_\_  
Руководитель ОПОП ВО  
профессор Н.К. Кондрашева

\_\_\_\_\_  
Проректор по образовательной  
деятельности доцент  
Д.Г. Петраков

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

### **ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ГАЗИФИКАЦИИ ПРИРОДНЫХ ЭНЕРГОНОСИТЕЛЕЙ**

<b>Уровень высшего образования:</b>	Бакалавриат
<b>Направление подготовки</b>	18.03.01 Химическая технология
<b>Направленность (профиль)</b>	Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов
<b>Квалификация выпускника:</b>	бакалавр
<b>Форма обучения:</b>	очная
<b>Составитель:</b>	доцент С.Н.Салтыкова

Санкт-Петербург

**Рабочая программа дисциплины «Химическая технология газификации природных энергоносителей» разработана:**

- в соответствии с требованиями ФГОС ВО – бакалавриат по направлению подготовки 18.03.01 «Химическая технология», утвержденного приказом Минобрнауки России № 922 от 07 августа 2020 г.;

- на основании учебного плана бакалавриата по направлению подготовки 18.03.01 «Химическая технология» направленность (профиль) «Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов».

Составитель \_\_\_\_\_ к.т.н., доцент каф. ХТПЭ Салтыкова С.Н.

**Рабочая программа рассмотрена и одобрена** на заседании кафедры химических технологий и переработки энергоносителей от 15 февраля 2021 г., протокол № 19.

Заведующая кафедрой ХТПЭ \_\_\_\_\_ д.т.н. Н.К. Кондрашева

**Рабочая программа согласована:**

Начальник отдела лицензирования, аккредитации и контроля качества образования

\_\_\_\_\_

Ю.А. Дубровская

Начальник отдела методического обеспечения учебного процесса

\_\_\_\_\_

к.т.н.

А.Ю. Романчиков

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью дисциплины «Химическая технология газификации природных энергоносителей» является знакомство с основами теории газификации, основными газогенераторными установками, с основами теплообмена в газогенераторных установках, с основами теории газификации, с теплообменом в газогенераторах, с физико-химическими основами производства генераторного газа.

Задачами дисциплины являются:

- сравнение газогенераторного процесса с другими способами использования топлива;
- овладение методами расчета процесса газификации;
- изучение технологических схем с газогенераторами различного типа;
- овладение методами расчета теплового и материального балансов процесса газификации;
- овладение методами расчета основных параметров газогенератора.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Химическая технология газификации природных энергоносителей» относится к обязательной части Блока 1 «Дисциплины (модули)» основной профессиональной образовательной программы по направлению подготовки «18.03.01 Химическая технология» и изучается в 6-ом семестре.

Предшествующими курсами, на которых непосредственно базируется дисциплина «Химическая технология газификации природных энергоносителей» являются «Общая и неорганическая химия», «Аналитическая химия и физико-химические методы анализа», «Введение в химическую технологию природных энергоносителей и углеродных материалов», «Химия природных энергоносителей».

Дисциплина «Химическая технология газификации природных энергоносителей» является основополагающей для изучения следующих дисциплин: «Химические реакторы», «Химическая технология углей и горючих сланцев», «Организация научных исследований в химической технологии природных энергоносителей и углеродных материалов».

Особенностью дисциплины является изучение физико-химических основ производства генераторного газа.

## 3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Процесс изучения дисциплины «Химическая технология газификации природных энергоносителей» направлен на формирование следующих компетенций:

Формируемые компетенции по ФГОС ВО		Основные показатели освоения программы дисциплины
Содержание компетенции	Код компетенции	
Способен изучать, анализировать, использовать механизмы химических реакций, происходящих в технологических процессах и окружающем мире, основываясь на знаниях о строении вещества, природе	ОПК-1	ОПК-1.1. <b>Знает:</b> теоретические основы общих закономерностей протекания химических реакций; основы химической термодинамики и кинетики; основные закономерности протекания химических процессов и характеристики равновесного состояния; закономерности строения органических соединений; строение вещества, природу химической связи в различных классах химических соединений; механизмы протекания химических реакций; природу межмолекулярного

Формируемые компетенции по ФГОС ВО		Основные показатели освоения программы дисциплины
Содержание компетенции	Код компетенции	
химической связи и свойствах различных классов химических элементов, соединений, веществ и материалов		взаимодействия
		ОПК-1.2. <b>Умеет:</b> анализировать химические элементы и их соединения; использовать методы расчета химико-технологических процессов; определять термодинамические характеристики химических реакций и равновесные концентрации веществ, использовать основные химические законы, термодинамические справочные данные и количественные соотношения неорганической химии для решения профессиональных задач; применить методы идентификации органического соединения, провести качественный и количественный анализ органического соединения; оценивать свойства простых веществ и их соединений, реакционную способность веществ на основе сведений об атомно-молекулярном строении, природе и свойствах химической связи
		ОПК-1.3. <b>Владеет:</b> навыками применения в практической деятельности законов естественнонаучных дисциплин; навыками расчета основных показателей процессов, протекающих в химических агрегатах, навыками установления структуры органических соединений; методами вычисления тепловых эффектов и констант равновесия химических реакций при заданной температуре и определения констант скорости реакций по результатам эксперимента
Способен принимать конкретные технические решения для совершенствования технологических процессов с учетом экологических последствий их применения	ПКС-2	ПКС-2.1. <b>Знает:</b> основные технологические схемы нефтепереработки
		ПКС-2.2. <b>Умеет:</b> проводить работы по совершенствованию действующих и освоению новых технологических процессов
		ПКС-2.3. <b>Владеет:</b> навыками анализа и систематизации научно-технической документации

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

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

Общая трудоёмкость учебной дисциплины составляет 3 зачётные единицы, 108 ак. часа.

Вид учебной работы	Всего ак. часов	Ак. часы по семестрам
		6
<b>Аудиторная работа, в том числе:</b>	<b>72</b>	<b>72</b>
Лекции (Л)	18	18
Практические занятия (ПЗ)	36	36
Лабораторные работы (ЛР)	18	18
<b>Самостоятельная работа студентов (СРС), в том числе:</b>	<b>36</b>	<b>36</b>
Проработка конспекта лекций	8	8

Подготовка к практическим занятиям	12	12
Подготовка к лабораторным занятиям	8	8
Подготовка к дифф. зачету	8	8
<b>Промежуточная аттестация –дифф. зачет (ДЗ)</b>	<b>ДЗ</b>	<b>ДЗ</b>
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>		
<b>ак. час.</b>	<b>108</b>	<b>108</b>
<b>зач. ед.</b>	<b>3</b>	<b>3</b>

#### 4.2. Содержание дисциплины

Учебным планом предусмотрены: лекции, практические занятия, лабораторные работы и самостоятельная работа.

##### 4.2.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Наименование разделов	Виды занятий				
	Всего ак. часов	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа студента, в том числе курсовая работа (проект)
Раздел 1 «Введение»	8	2	2	-	4
Раздел 2 «Физико-химические основы процесса газификации»	20	4	8	-	8
Раздел 3 «Типы и конструкции газогенераторов»	28	4	10	6	8
Раздел 4 «Эксплуатация газогенераторных установок»	26	4	8	6	8
Раздел 5 «Очистка и охлаждение газа»	26	4	8	6	8
<b>Итого:</b>	<b>108</b>	<b>18</b>	<b>36</b>	<b>18</b>	<b>36</b>

##### 4.2.2. Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. часах
1	Введение	Сравнение газогенераторного процесса с другими способами использования топлива. Полное сжигание. Сухая перегонка. Полная безостаточная газификация. Исторические этапы в развитии газогенераторного процесса. Виды топлива, пригодные для производства генераторного газа.	2
2	Физико-химические основы процесса газификации	Действие кислорода и воздуха на раскаленный углерод. Действие водяного пара и иных эндотермических агентов на раскаленный углерод. Образование горючих компонентов генераторного газа без участия воздуха и водяного пара. Равномерность температуры по поперечному сечению. Влияние природы топлива на газовые реакции. Влияние переменного количества пара.	4

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. часах
3	Типы и конструкции газогенераторов	Генераторы с жидким шлакоудалением. Генераторы с ручным золоудалением. Генераторы с механическим золоудалением. Устройство шахты генераторов. Загрузочные устройства. Производство и подача пара в генераторы. Генераторы с улавливанием побочных продуктов. Генераторы для мелкозернистых и пылевидных топлив. Общие данные по производительности газогенераторов.	4
4	Эксплуатация газогенераторных установок	Форсировка газогенератора. Тепловые потери процесса газификации. Качество и количество газа. Побочные продукты газификации. Состав золы топлива. Условия давления в газогенераторной установке. Условия давления в газогенераторной установке. Типы аппаратов, служащих для перемещения газа и воздуха. Регулирование количеств и давлений. Общие правила по эксплуатации газогенераторных установок.	4
5	Очистка и охлаждение газа	Очистка газа от пыли. Улавливание смолы. Выделение влаги и охлаждение газа. Улавливание аммиака. Улавливание уксусной кислоты. Очистка газа от серы. Водяное хозяйство газогенераторных станций. Очистка сточных вод. Устройство газогенераторных станций.	4
<b>Итого:</b>			18

#### 4.2.3. Практические занятия

№ п/п	Разделы	Тематика практических занятий	Трудоемкость в ак. часах
1	Раздел 1	Состав топлива. Теплотехнические характеристики топлива. Понятие условного топлива и приведенные характеристики.	2
2	Раздел 2	Теплота сгорания топлива. Закон постоянства сумм теплоты сгорания. Определение теплоты сгорания топлива. Химическое равновесие реакций газификации. Кинетика химических реакций газификации. Физические и химические явления в процессе газификации частиц твердого топлива.	8
3	Раздел 3	Газогенераторы прямого процесса. Газогенераторы обратного процесса. Газогенераторы поперечного процесса. Газификация в кипящем слое. Сравнительная характеристика слоевых газогенераторов и газогенераторов кипящего слоя. Специальные конструкции генераторов для мелкозернистого и пылевидного топлива. Тепловые потери процесса газификации. Потери от лучеиспускания, конвекции и теплопроводности собственно генератора. Влияние теплоотдачи собственно генератора путем лучеиспускания, конвекции и теплопроводности.	10
4	Раздел 4	Расход воздуха и продукты сгорания топлива. Коэффициент избытка воздуха. Энтальпия продуктов сгорания. Материальный баланс процесса газификации. Тепловой баланс и тепло-	8

		вые потери. Радиационные свойства частиц.	
5	Раздел 5	Пылеосадительные камеры. Циклонные пылеуловители. Очистка газа от пыли в дезинтеграторах. Конструкции электрофильтров. Центрифугальные скрубберы. Расход воды на охлаждение газа. Сухие способы очистки газа от сероводорода. Мокрые способы очистки газа от сероводорода.	8
<b>Итого:</b>			<b>36</b>

#### 4.2.4. Лабораторные работы

№ п/п	Разделы	Тематика лабораторных занятий	Трудоёмкость в ак. часах
1	Раздел 3,4	Газификация в неподвижном слое	6
2	Раздел 3,4	Газификация в кипящем слое	6
3	Раздел 5	Очистка генераторного газа	6
<b>Итого:</b>			<b>18</b>

#### 4.2.5. Курсовые работы (проекты)

Курсовые работы (проекты) не предусмотрены

### 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В ходе обучения применяются:

**Лекции**, которые являются одним из важнейших видов учебных занятий и составляют основу теоретической подготовки обучающихся. Цели лекционных занятий:

- дать систематизированные научные знания по дисциплине, акцентировать внимание на наиболее сложных вопросах дисциплины;

- стимулировать активную познавательную деятельность обучающихся, способствовать формированию их творческого мышления.

**Практические занятия.** Цели практических занятий:

- совершенствовать умения и навыки решения практических задач.

Главным содержанием этого вида учебных занятий является работа каждого обучающегося по овладению практическими умениями и навыками профессиональной деятельности.

**Лабораторные работы.** Цели лабораторных занятий:

- углубить и закрепить знания, полученные на лекциях и в процессе самостоятельной работы обучающихся с учебной и научной литературой;

Главным содержанием этого вида учебных занятий является работа каждого обучающегося по овладению практическими умениями и навыками профессиональной деятельности.

**Консультации** (текущая консультация, накануне дифф.зачета) является одной из форм руководства учебной работой обучающихся и оказания им помощи в самостоятельном изучении материала дисциплины, в ликвидации имеющихся пробелов в знаниях, задолженностей по текущим занятиям, в подготовке письменных работ (проектов).

Текущие консультации проводятся преподавателем, ведущим занятия в учебной группе, научным руководителем и носят как индивидуальный, так и групповой характер.

**Самостоятельная работа обучающихся** направлена на углубление и закрепление знаний, полученных на лекциях и других занятиях, выработку навыков самостоятельного активного приобретения новых, дополнительных знаний, подготовку к предстоящим учебным занятиям и промежуточному контролю.

## **6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **6.1. Оценочные средства для самостоятельной работы и текущего контроля**

#### **успеваемости**

##### **Раздел 1. Введение**

1. Полное сжигание.
2. Сухая перегонка.
3. Виды топлива, пригодные для производства генераторного газа.

##### **Раздел 2. Физико-химические основы процесса газификации**

1. Действие кислорода и воздуха на раскаленный углерод.
2. Действие водяного пара и иных эндотермических агентов на раскаленный углерод.
3. Образование горючих компонентов генераторного газа без участия воздуха и водяного пара.
4. Равномерность температуры по поперечному сечению.
5. Влияние природы топлива на газовые реакции.
6. Влияние переменного количества пара.
7. Роль азота топлива.
8. Природа летучих и содержание связанного углерода в топливе.
9. Потери от лучеиспускания, конвекции и теплопроводности собственно генератора.

##### **Раздел 3. Типы и конструкции газогенераторов**

1. Генераторы с механическим золоудалением.
2. Различные конструкции механических колосниковых решеток.
3. Генераторы, работающие на повышенном давлении дутья.
4. Устройство шахты генераторов.
5. Загрузочные устройства.
6. Приспособления для перемешивания и разравнивания топлива.
7. Производство и подача пара в генераторы.
8. Генераторы специального назначения.

##### **Раздел 4. Эксплуатация газогенераторных установок**

1. Интенсивность газификации.
2. Тепловые потери процесса газификации.
3. Качество и количество газа.
4. Побочные продукты газификации.
5. Состав золы топлива.
6. Вязкость шлака.
7. Зола различных топлив.
8. Влияние сажеобразования.

##### **Раздел 5. Очистка и охлаждение газа**

1. Циклонные пылеуловители.
2. Очистка газа от пыли в дезинтеграторах.
3. Улавливание смолы.
4. Очистка газа от смолы фильтрованием.
5. Очистка газа от смолы промыванием.
6. Выделение влаги и охлаждение газа.
7. Мокрые способы очистки газа от сероводорода.

### **6.2. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации (дифф. зачета)**

#### **6.2.1. Примерный перечень вопросов/заданий к дифф. зачету (по дисциплине):**

1. Действие водяного пара и иных эндотермических агентов на раскаленный углерод.
2. Образование горючих компонентов генераторного газа без участия воздуха и водяного пара.



3. Равномерность температуры по поперечному сечению.
4. Влияние природы топлива на газовые реакции.
5. Влияние переменного количества пара.
6. Генераторы с жидким шлакоудалением.
7. Генераторы с ручным золоудалением.
8. Генераторы с механическим золоудалением.
9. Устройство шахты генераторов.
10. Загрузочные устройства.
11. Производство и подача пара в генераторы.
12. Генераторы с улавливанием побочных продуктов.
13. Генераторы для мелкозернистых и пылевидных топлив.
14. Побочные продукты газификации.
15. Состав золы топлива.
16. Условия давления в газогенераторной установке.
17. Условия давления в газогенераторной установке.
18. Типы аппаратов, служащих для перемещения газа и воздуха.
19. Регулирование количеств и давлений.
20. Общие правила по эксплуатации газогенераторных установок.
21. Очистка газа от пыли.
22. Улавливание смолы.
23. Выделение влаги и охлаждение газа.
24. Улавливание аммиака.
25. Улавливание уксусной кислоты.
26. Очистка газа от серы.
27. Водяное хозяйство газогенераторных станций.
28. Очистка сточных вод.
29. Газогенераторы прямого процесса.
30. Газогенераторы обращенного процесса.
31. Газогенераторы поперечного процесса.
32. Газификация в кипящем слое.
33. Сравнительная характеристика слоевых газогенераторов и газогенераторов кипящего слоя.
34. Специальные конструкции генераторов для мелкозернистого и пылевидного топлива.
35. Тепловые потери процесса газификации.
36. Потери от лучеиспускания, конвекции и теплопроводности собственно генератора.
37. Влияние теплоотдачи собственно генератора путем лучеиспускания, конвекции и теплопроводности.

### 6.2.2. Примерные тестовые задания к дифференцированному зачету

#### Вариант №1

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
1.	Древесный уголь является продуктом процесса нагрева древесины	1. с повышенным содержанием кислорода 2. в присутствии водорода 3. в атмосфере азота и кислорода 4. в атмосфере гелия
2.	Отношение плотности газа к плотности воздуха называется	1. абсолютной плотностью 2. предельной плотностью 3. степенью достижимости 4. относительной плотностью газа

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
3.	Зола дров состоит из	1. органических соединений 2. водородных соединений 3. предельных углеводов 4. непредельных углеводов
4.	Основным свойствам золы дров является	1. легкоплавкость 2. спекаемость 3. пористость 4. тугоплавкость
5.	Теплотворная способность дров зависит от	1. размеров 2. состава 3. влажности 4. сортности
6.	Характерной особенностью бурых углей является	1. разложения неорганической массы 2. отсутствие спекаемости 3. низкий выход летучих 4. спекаемость
7.	Процесс выветривания основан на способности угля	1. поглощать кислород 2. измельчаться 3. коксоваться 4. брикетироваться
8.	От чего зависит окислительная способность бурых углей?	1. от содержания пирита 2. от содержания водорода 3. от содержания сероводорода 4. от содержания влаги
9.	Недостатками торфа являются	1. только большая влажность 2. только невысокая механическая прочность 3. сезонность добычи 4. только легкоплавкость золы
10.	Бурый уголь содержит по сравнению с торфом	1. больше кислорода 2. меньше углерода 3. больше кислорода и меньше углерода 4. меньше кислорода и больше углерода
11.	Спекаемость углей заключается в	1. нагревании при низкой температуре с кислородом 2. в добавке связующего 3. проведении процесса при низкой температуре 4. проведении реакции с водородом
12.	Важнейшим свойством каменных углей является	1. повышенная зольность 2. невысокая плотность 3. высокое содержание летучих 4. способность к спеканию
13.	Спекаемость углей основана на	1. повышенной влажности 2. пониженной пористости 3. высокой гигроскопичности 4. повышенном содержании летучих
14.	Недостатком антрацитов является	1. недостаточная прочность 2. высокая прочность

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
		3. малый удельный вес 4. высокая гигроскопичность
15.	Термоантрацит получают	1. взаимодействием со связующими 2. взаимодействием с водородом 3. нагревом антрацита до 1200 °С 4. за счет окислительно-восстановительных процессов
16.	Что оказывает негативное влияние на процесс спекания?	1. влажность топлива 2. повышенное содержание углерода 3. процесс сушки 4. процесс выветривания
17.	Отличительным признаком антрацитов является	1. высокая гигроскопичность 2. пониженный удельный вес 3. пониженное содержание углерода 4. повышенное содержание водорода
18.	Целью сушки является	1. спекание материала 2. удаление влаги 3. получение монолитного материала 4. удаление органической части материала
19.	Твердое топливо с высоким содержанием минеральных веществ называется	1. горючим сланцем 2. бурым углем 3. каменным углем 4. антрацитом
20.	Метод обогащения угля основан на использовании	1. грохочения 2. различной смачиваемости примесей 3. различной плотности примесей угля 4. окислительной способности угля

#### Вариант № 2

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
1.	Брикетирование бурых углей возможно без использования	1. воды 2. давления 3. катализатора, но с давлением до 800 ат 4. связующих, но с давлением до 1200 ат
2.	Характерной особенностью горючих сланцев является	1. низкое содержание золы 2. низкое содержание водорода 3. повышенное содержание углерода 4. легкость добычи
3.	Нагрев топлива до определенной температуры без доступа воздуха называется	1. обжигом 2. спеком 3. плавлением 4. шлакованием
4.	В ходе процесса превращения горючей массы твердого топлива в газообразную фазу под действием кислорода получают	1. водород 2. водяной пар 3. серную кислоту 4. генераторный газ
5.	Подземная газификация была предложена	1. Д.И. Менделеевым

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
	жена	2. В.Л. Руссо 3. В.Г. Шуковым 4. Б.В. Львовым
6.	Газ, получаемый в газогенераторе и отвечающий следующему составу ( 50 % CO и 50 % H <sub>2</sub> ), называется	1. доменным 2. водяным 3. калашниковым 4. коксовальным
7.	В первой зоне газогенератора протекают процессы	1. сушки топлива 2. обжига 3. перегонки 4. окисления
8.	Во второй зоне газогенератора протекают процессы	1. окисления 2. восстановления 3. обжига 4. сухой перегонки топлива
9.	Реакция CO <sub>2</sub> + C→2CO начинается	1. в первой зоне 2. в окислительной зоне 3. в пятой зоне 4. во второй зоне
10.	Третья зона газогенератора называется	1. окислительной 2. переходной 3. восстановительной 4. плавильной
11.	Четвертая зона газогенератора называется	1. кислородной 2. восстановительной 3. переходной 4. плавильной
12.	Реакции: C+ O <sub>2</sub> →CO <sub>2</sub> 2C+ O <sub>2</sub> →2CO 2CO+ O <sub>2</sub> →2CO <sub>2</sub>	1. в первой зоне 2. в переходной зоне 3. в пятой зоне 4. четвертой зоне
13.	Течение реакции CO <sub>2</sub> + C↔2CO определяется	1. наличием катализатора 2. только наличием температуры 3. температурой и природой топлива 4. давлением
14.	Доменный газ часто смешивают с генераторным и коксовым газами для	1. увеличения объема 2. повышения теплотворной способности топлива 3. понижение объема 4. понижение температуры
15.	В результате прохождения реакции C+ H <sub>2</sub> O (пар) →H <sub>2</sub> +CO получается	1. генераторный газ 2. доменный газ 3. коксовый газ 4. водяной газ
16.	Реакции: C+ O <sub>2</sub> →CO <sub>2</sub> 2C+ O <sub>2</sub> →2CO 2CO+ O <sub>2</sub> →2CO <sub>2</sub> идут	1. с выделением теплоты 2. без выделения теплоты 3. образования водяного газа 4. образования парокислородного газа

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
17.	Энергией активации химической реакции называется:	<p>1. минимальное количество энергии, которым должен обладать 1 моль реагирующих веществ, для того, чтобы прошла данная реакция</p> <p>2. минимальный избыток энергии по сравнению со средней энергией молекул, которым должен обладать 1 моль вещества для того, чтобы прошла данная реакция</p> <p>3. минимальное количество энергии, которое выделится (или поглотится) при протекании данной реакции в расчете на 1 моль реагирующих веществ</p> <p>4. минимальная разница между энергией продуктов реакции и исходных веществ, которую необходимо сообщить 1 молю реагирующих веществ, для того, чтобы прошла данная реакция</p>
18.	Передача тепла конвекцией происходит	<p>1. при непосредственном соприкосновении отдельных частиц твердого тела</p> <p>2. в состоянии покоя</p> <p>3. в жидкостях и газах путем перемещения их частиц</p> <p>4. через теплопроводность</p>
19.	Тепловой поток это	<p>1. количество тепла, передаваемого в единицу времени от одного тела к другому</p> <p>2. напорная характеристика газа</p> <p>3. сумма геометрического и скоростного напоров</p> <p>4. количество тепла, теряемого жидкостью</p>
20.	Коэффициент теплопередачи имеет размерность	<p>1. Вт/(м<sup>2</sup> · град)</p> <p>2. Вт/м<sup>2</sup></p> <p>3. Дж/ м<sup>2</sup></p> <p>4. ккал</p>

Вариант №3

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
1.	Выражение $q = Q/F$ называется	<p>1. массовой долей</p> <p>2. водяным эквивалентом</p> <p>3. плотностью теплового потока</p> <p>4. плотностью массового потока</p>
2.	Важной характеристикой адсорбентов является	<p>1. скорость подачи раствора</p> <p>2. высота</p> <p>3. диаметр</p> <p>4. поглощательная способность</p>
3.	Полное давление газовой смеси равно	1. сумме парциальных давлений компонен-

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
		<p>тов</p> <p>2. разности парциальных давлений компонентов</p> <p>3. произведению парциальных давлений компонентов</p> <p>4. массе компонентов смеси</p>
4.	Отношение парциального давления компонента к полному давлению равно	<p>1. массовой доле компонента в смеси</p> <p>2. удельному объему компонента в смеси</p> <p>3. летучести смеси</p> <p>4. объемной доле компонента в смеси</p>
5.	При расчете тепловых процессов физические константы теплоносителей	<p>1. берутся при нормальной температуре</p> <p>2. берутся при пониженной температуре</p> <p>3. берутся при повышенной температуре</p> <p>4. берутся при определяющей температуре</p>
6.	Адсорбционным коэффициентом называется:	<p>1. удельная скорость адсорбции вещества на твердой поверхности при данной температуре</p> <p>2. величина, показывающая, во сколько раз изменяется скорость адсорбции вещества на твердой поверхности при изменении температуры на 10 градусов</p> <p>3. отношение константы скорости адсорбции вещества на твердой поверхности к константе скорости десорбции</p> <p>4. величина, численно равная энергии связи адсорбированной молекулы с твердой поверхностью</p>
7.	Увеличение скорости обратимой химической реакции в присутствии катализатора происходит:	<p>1. в результате увеличения константы скорости прямой реакции и уменьшения константы скорости обратной реакции</p> <p>2. в результате смещения положения равновесия в сторону образования продуктов реакции</p> <p>3. в результате уменьшения энергии активации реакции при сохранении механизма процесса</p> <p>4. в результате уменьшения энергии активации реакции с изменением механизма процесса</p>
8.	Свободная конвекция возникает	<p>1. за счет разности внутренней и потенциальной энергии давления</p> <p>2. за счет внутренней энергии частиц</p> <p>3. вследствие разности масс</p> <p>4. вследствие разности плотностей нагретых и холодных частиц</p>
9.	В каком случае скорость гетерогенной каталитической реакции	<p>1. при слабой адсорбции вещества А</p> <p>2. при сильной адсорбции вещества А</p>

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
	типа Агаз → Ргаз, лимитирующей стадией которой является адсорбция исходного вещества на поверхность катализатора, описывается уравнением первого порядка?	3. при слабой адсорбции вещества Р 4. при сильной адсорбции вещества Р
10.	Скорость гетерогенной каталитической реакции будет наибольшей, если реакция протекает:	1. во внешнедиффузионной области 2. во внутридиффузионной области 3. в кинетической области 4. в смешанной
11.	Отношение коэффициента лучеиспускания данного тела к коэффициенту лучеиспускания абсолютно черного тела называется	1. степенью черноты тела 2. излучением тела 3. коэффициентом теплопроводности 4. коэффициентом поглощения тела
12.	Газы способны поглощать и излучать энергию	1. во всех диапазонах длин волн 2. в коротких интервалах длин волн 3. в определенных интервалах длин волн 4. в длинных интервалах длин волн
13.	В газах поглощение и излучение	1. происходит во всем объеме 2. происходит на поверхности 3. происходит в пограничном слое 4. происходит в ламинарном подслое
14.	Размерность теплового сопротивления загрязнения	1. (м · град/Вт) 2. (м <sup>2</sup> · град) 3. (м <sup>2</sup> · град/Вт) 4. (м <sup>2</sup> /Вт)
15.	Поверхность теплообмена связана	1. с конструктивными размерами аппарата 2. с пористостью слоя 3. с коэффициентом расширения 4. с коэффициентом пропорциональности
16.	Необходимую поверхность теплообмена определяют как Q- количество теплоты K- коэффициент теплопередачи Δ <sub>ср</sub> - средняя величина температуры	1. $F=Q/(\Delta_{ср})$ 2. $F=Q/(K)$ 3. $F=Q/(K \cdot \Delta_{ср})$ 4. $F= K \cdot \Delta_{ср}$
17.	Регенераторы применяются	1. для создания напора до 100м 2. для создания избыточного давления 3. при температурах теплоносителей более 500 <sup>0</sup> С 4. при температурах теплоносителей менее 300 <sup>0</sup> С
18.	Избирательное поглощение газов или паров жидким поглотителем называется	1. экстракцией 2. ректификацией 3. регенерацией 4. абсорбцией
19.	Процесс, включающий переход вещества из жидкой фазы в паровую и из	1. регенерацией 2. экстракцией

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	2	3
	паровой в жидкую называется	3. десорбцией 4. обменом
20.	Переход вещества из газовой, паровой или жидкой фаз в пористый материал называется	1. адсорбцией 2. экстракцией 3. регенерацией 4. обменом

### 6.3. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания

#### 6.3.1. Критерии оценок промежуточной аттестации (дифференцированного зачета)

Оценка			
«2» (неудовлетворительно)	Пороговый уровень освоения «3» (удовлетворительно)	Углубленный уровень освоения «4» (хорошо)	Продвинутый уровень освоения «5» (отлично)
Посещение менее 50 % лекционных и практических занятий, лабораторных работ	Посещение не менее 60 % лекционных и практических занятий, лабораторных работ	Посещение не менее 70 % лекционных и практических занятий, лабораторных работ	Посещение не менее 85 % лекционных и практических занятий, лабораторных работ
Студент не знает значительной части материала, допускает существенные ошибки в ответах на вопросы	Студент поверхностно знает материал основных разделов и тем учебной дисциплины, допускает неточности в ответе на вопрос	Студент хорошо знает материал, грамотно и по существу излагает его, допуская некоторые неточности в ответе на вопрос.	Студент в полном объеме знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос
Не умеет находить решения большинства предусмотренных программой обучения заданий	Иногда находит решения, предусмотренные программой обучения заданий	Уверенно находит решения, предусмотренные программой обучения заданий	Безошибочно находит решения, предусмотренные программой обучения заданий
Большинство предусмотренных программой обучения заданий не выполнено	Предусмотренные программой обучения задания выполнены удовлетворительно	Предусмотренные программой обучения задания успешно выполнены	Предусмотренные программой обучения задания успешно выполнены

#### Примерная шкала оценивания знаний в тестовой форме:

Количество правильных ответов, %	Оценка
0-49	Неудовлетворительно
50-65	Удовлетворительно
66-85	Хорошо
86-100	Отлично

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 7.1. Рекомендуемая литература

#### 7.1.1. Основная литература

1. Основные направления переработки угля / Сарыглар Ч.А., Чысыма Р.Б. // Фундаментальные исследования. – 2018. - №11-1. – С. 121-127. Режим доступа: <https://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=42311>



2. Перспективы развития технологического использования углей в России / Голицын М.В., Вялов В.И., Богомолов А.Х., Пронина Н.В., Макарова Е.Ю., Митронов Д.В., Кузеванова Е.В., Макаров Д.В. // Георесурсы. – 2015. – №2 (61). – С. 41-53. Режим доступа: <https://geors.ru/archive/article/618/>

3. Левашова А.И., Ивашкина Е.Н., Бешагина Е.В. Химия природных энергоносителей и углеродных материалов. – 2-е изд. – Томск: Изд-во ТПУ, 2013. – 131 с.: Режим доступа: <http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/simple/document/RU%5CTPU%5Cbook%5C265840>

#### **7.1.2. Дополнительная литература**

1. Фролов В.Ф. Лекции по курсу «Процессы и аппараты химической технологии» [Электронный ресурс]/ Фролов В.Ф.— Электрон. текстовые данные.— СПб.: ХИМИЗДАТ, 2017.— 608 с. <http://www.bibliocomplectator.ru/book/?id=67349>

2. Морачевский, А.Г. Физическая химия. Гетерогенные системы [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.Г. Морачевский, Е.Г. Фирсова. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2015. — 192 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/60048>.

3. Мановян А. К. Технология переработки природных энергоносителей. – М.: Химия–КолосС, 2004.– 456 с. Режим доступа: [https://portal.tpu.ru/SHARED/b/BESHAGINA/Ucheba/Tab7/Tab/1manovyan\\_a\\_k\\_tekhnologiya\\_pererabotki\\_prirodnykh\\_energo.pdf](https://portal.tpu.ru/SHARED/b/BESHAGINA/Ucheba/Tab7/Tab/1manovyan_a_k_tekhnologiya_pererabotki_prirodnykh_energo.pdf)

#### **7.1.3. Учебно-методическое обеспечение**

1. Кукурина, О. С. Технология переработки углеводородного сырья : учебное пособие / О. С. Кукурина, А. А. Ляпков. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 168 с. — ISBN 978-5-8114-4241-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/133887> (дата обращения: 12.02.2022). — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/133887>

2. Салтыкова С.Н. Кинетика гетерогенных процессов: методические указания к самостоятельной работе / С.Н. Салтыкова// Санкт-Петербургский горный университет. – СПб. – 2018. – 13 с. Режим доступа: [http://ior.spmi.ru/system/files/srs/srs\\_1544293234.pdf](http://ior.spmi.ru/system/files/srs/srs_1544293234.pdf)

## **7.2. Базы данных, электронно-библиотечные системы, информационно-справочные и поисковые системы**

1. Европейская цифровая библиотека European: <http://www.europeana.eu/portal/>;

2. Мировая цифровая библиотека: <http://www.wdl.org/ru/>;

3. Свободная энциклопедия «Википедия»: <http://ru.wikipedia.org/>;

4.Словари и энциклопедии на «Академике»: <http://dic.academic.ru/>;

5. Электронная библиотека учебников: <http://student.net/>;

6.Электронная библиотека IQlib: <http://www.iqlib.ru/>;

7. Электронная библиотека Российской Государственной Библиотеки (РГБ): <http://www.rsl.ru/>.

8. Электронно-библиотечная система издательского центра «Лань»

## **8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **8.1. Материально-техническое оснащение аудиторий:**

#### **Аудитории для проведения лекционных занятий.**

Специализированные аудитории, используемые при проведении занятий лекционного типа, оснащены мультимедийными проекторами и комплектом аппаратуры, позволяющей демонстрировать текстовые и графические материалы.

#### **Аудитории для проведения практических занятий.**

Специализированные аудитории, используемые при проведении практических занятий, оснащены мультимедийными проекторами и комплектом аппаратуры, позволяющей демонстрировать текстовые и графические материалы.

#### **Аудитории для проведения лабораторных занятий.**

Оснащенность: стол- 8 шт., стул-16 шт., доска белая маркерная Magnetoplan С 2000x1000 мм.

Лаборатории оснащены химическим оборудованием, реактивами и лабораторными установками, необходимыми для выполнения лабораторных работ по дисциплине «Химическая технология газификации природных энергоносителей».

## **8.2. Помещения для самостоятельной работы:**

1. Оснащенность помещения для самостоятельной работы: 13 посадочных мест. Стул – 25 шт., стол – 2 шт., стол компьютерный – 13 шт., шкаф – 2 шт., доска аудиторная маркерная – 1 шт., АРМ учебное ПК (монитор + системный блок) – 14 шт. Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional:ГК № 1464-12/10 от 15.12.10 «На поставку компьютерного оборудования» ГК № 959-09/10 от 22.09.10 «На поставку компьютерной техники» ГК № 447-06/11 от 06.06.11 «На поставку оборудования» ГК № 984-12/11 от 14.12.11 «На поставку оборудования» Договор № 1105-12/11 от 28.12.2011 «На поставку компьютерного оборудования» , Договор № 1106-12/11 от 28.12.2011 «На поставку компьютерного оборудования» ГК № 671-08/12 от 20.08.2012 «На поставку продукции» , Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012, Microsoft Open License 48358058 от 11.04.2011, Microsoft Open License 49487710 от 20.12.2011, Microsoft Open License 49379550 от 29.11.2011 , Microsoft Office 2010 Standard: Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012 , Microsoft Open License 60853086 от 31.08.2012

Kaspersky antivirus 6.0.4.142

2. Оснащенность помещения для самостоятельной работы: 17 посадочных мест. Доска для письма маркером – 1 шт., рабочие места студентов, оборудованные ПК с доступом в сеть университета – 17 шт., мультимедийный проектор – 1 шт., АРМ преподавателя для работы с мультимедиа – 1 шт. (системный блок, мониторы – 2 шт.), стол – 18 шт., стул – 18 шт. Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Операционная система Microsoft Windows XP Professional ГК №797-09/09 от 14.09.09 «На поставку компьютерного оборудования». Операционная система Microsoft Windows 7 Professional Microsoft Open License 49379550 от 29.11.2011 . Microsoft Office 2007 Standard Microsoft Open License 42620959 от 20.08.2007

3. Оснащенность помещения для самостоятельной работы: 16 посадочных мест. Стол компьютерный для студентов (тип 4) - 3 шт., стол компьютерный для студентов (тип 6) – 2 шт., стол компьютерный для студентов (тип 7) – 1 шт., кресло преподавателя (сетка, цвет черный) – 17 шт., доска напольная мобильная белая магнитно-маркерная «Magnetoplan» 1800мм×1200мм - 1 шт., моноблок Lenovo M93Z Intel Q87 – 17 шт., плакат – 5 шт. Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional: Microsoft Open License 49379550 от 29.11.2011 .

Microsoft Office 2007 Professional Plus: Microsoft Open License 46431107 от 22.01.2010 . CorelDRAW Graphics Suite X5 Договор №559-06/10 от 15.06.2010 «На поставку программного обеспечения» Autodesk product: Building Design Suite Ultimate 2016, product Key: 766H1 Cisco Packet Tracer 7.1 (свободно распространяемое ПО), Quantum GIS (свободно распространяемое ПО), Python (свободно распространяемое ПО), R (свободно распространяемое ПО), Rstudio (свободно распространяемое ПО), SMATH Studio (свободно распространяемое ПО), GNU Octave (свободно распространяемое ПО), Scilab (свободно распространяемое ПО)

## **8.3. Помещения для хранения и профилактического обслуживания оборудования:**

1. Центр новых информационных технологий и средств обучения:

Оснащенность: персональный компьютер – 2 шт. (доступ к сети «Интернет»), монитор – 4 шт., сетевой накопитель – 1 шт., источник бесперебойного питания – 2 шт., телевизор плазменный Panasonic – 1 шт., точка Wi-Fi – 1 шт., паяльная станция – 2 шт., дрель – 5 шт., перфоратор – 3 шт., набор инструмента – 4 шт., тестер компьютерной сети – 3 шт., баллон со сжатым газом – 1 шт.,

паста теплопроводная – 1 шт., пылесос – 1 шт., радиостанция – 2 шт., стол – 4 шт., тумба на колесиках – 1 шт., подставка на колесиках – 1 шт., шкаф – 5 шт., кресло – 2 шт., лестница Alve – 1 шт.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012)

Microsoft Office 2010 Professional Plus (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012)

Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security (Договор № Д810(223)-12/17 от 11.12.17)

2. Центр новых информационных технологий и средств обучения:

Оснащенность: стол – 5 шт., стул – 2 шт., кресло – 2 шт., шкаф – 2 шт., персональный компьютер – 2 шт. (доступ к сети «Интернет»), монитор – 2 шт., МФУ – 1 шт., тестер компьютерной сети – 1 шт., балон со сжатым газом – 1 шт., шуруповерт – 1 шт.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012)

Microsoft Office 2007 Professional Plus (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 46431107 от 22.01.2010)

Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security (Договор № Д810(223)-12/17 от 11.12.17)

3. Центр новых информационных технологий и средств обучения:

Оснащенность: стол – 2 шт., стул – 4 шт., кресло – 1 шт., шкаф – 2 шт., персональный компьютер – 1 шт. (доступ к сети «Интернет»), веб-камера Logitech HD C510 – 1 шт., колонки Logitech – 1 шт., тестер компьютерной сети – 1 шт., дрель – 1 шт., телефон – 1 шт., набор ручных инструментов – 1 шт.

#### **8.4. Лицензионное программное обеспечение:**

1. Microsoft Windows 8 Professional (договор бессрочный ГК № 875-09/13 от 30.09.2013 «На поставку компьютерной техники»).

2. Microsoft Office 2007 Standard (договор бессрочный Microsoft Open License 42620959 от 20.08.2007).

3. Microsoft Office 2010 Professional Plus (договор бессрочный Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012, договор бессрочный Microsoft Open License 47665577 от 10.11.2010, договор бессрочный Microsoft Open License 49379550 от 29.11.2011).