

**Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

**Направление подготовки/специальность: 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника**

**Наименование образовательной программы: Энергообеспечение предприятий. Высокотемпературные процессы и установки**

**Уровень образования: высшее образование - бакалавриат**

**Форма обучения: Очная**

**Оценочные материалы  
по дисциплине  
Технологии и аппараты нефтегазохимических производств**

**Москва  
2023**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Петин С.Н.
	Идентификатор	R6f0dee6c-PetinSN-eb3bc6a8

С.Н. Петин

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Киндра В.О.
	Идентификатор	R429f7b35-KindraVO-2c9422f7

В.О.  
Киндра

Заведующий  
выпускающей кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Рогалев А.Н.
	Идентификатор	Rb956ba44-RogalevAN-6233a28b

А.Н.  
Рогалев

## ОБЩАЯ ЧАСТЬ

Оценочные материалы по дисциплине предназначены для оценки: достижения обучающимися запланированных результатов обучения по дисциплине, этапа формирования запланированных компетенций и уровня освоения дисциплины.

Оценочные материалы по дисциплине включают оценочные средства для проведения мероприятий текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Формируемые у обучающегося компетенции:

1. ПК-2 способен участвовать в разработке мероприятий по энерго- и ресурсосбережению систем энергообеспечения и использования топлива для промышленных и коммунальных предприятий

ИД-1 Демонстрирует знание нормативов по энерго- и ресурсосбережению систем энергообеспечения и использования топлива для промышленных и коммунальных предприятий

ИД-2 Принимает участие в разработке мероприятий по энерго- и ресурсосбережению систем энергообеспечения и использования топлива для промышленных и коммунальных предприятий

2. ПК-4 способен участвовать в эксплуатации систем энергообеспечения и использования топлива для промышленных и коммунальных предприятий

ИД-1 Соблюдает правила технологической, производственной и трудовой дисциплины при эксплуатации систем энергообеспечения и использования топлива для промышленных и коммунальных предприятий

3. ПК-5 Способен участвовать в организации технического и материального обеспечения эксплуатации систем энергообеспечения и использования топлива для промышленных и коммунальных предприятий

ИД-1 Принимает участие в организации технического и материального обеспечения эксплуатации систем энергообеспечения и использования топлива для промышленных и коммунальных предприятий

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

Форма реализации: Компьютерное задание

1. КМ-3 «Термохимические способы переработки газового топлива» (Тестирование)

Форма реализации: Письменная работа

1. КМ-1 "Термодинамическое равновесие в высокотемпературных системах" (Контрольная работа)

2. КМ-2 «Определение состава продуктов окислительных конверсий природного газа» (Контрольная работа)

3. КМ-4 «Термохимическая переработка газовых отходов» (Контрольная работа)

4. КМ-5 «Газификация твердого топлива» (Контрольная работа)

## БРС дисциплины

7 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс	КМ-	КМ-	КМ-	КМ-

	КМ:	1	2	3	4	5
	Срок КМ:	4	8	11	12	15
Предмет и содержание курса						
Основные определения и термины	+					
Прогнозные оценки использования топлива в России	+					
Обобщенная схема теплотехнологической переработки топлива						
Общая принципиальная схема теплотехнологических термохимических процессов переработки топлива	+					
Общая классификация процессов теплотехнологической и термохимической переработки топлива	+					
Окислительные способы теплотехнологической переработки природного газа						
Способы термохимической переработки природного газа			+			
Использование продуктов окислительной конверсии природного газа в производстве водорода			+			
Теплотехнологические схемы использования синтез-газа для производства различных видов химической продукции						
Производство аммиака и метанола				+		
Использование синтез-газа в процессе Фишера-Тропша				+		
Теплотехнологии использования газовых отходов при их термохимической переработке						
Теплотехнологии использования газовых отходов при их термохимической переработке					+	
Энергохимическая аккумуляция (ЭХА) теплоты газовых отходов					+	
Безокислительные способы переработки твердого и газообразного видов топлива						
Безокислительная конверсия природного газа						+
Общая характеристика процессов термохимической переработки конденсированных топлив. Пирогенетическое разложение твердых топлив						+
Газификация конденсированных топлив						
Этапы процесса газификации						+
Технологическая схема процесса газификации и использования генераторного газа						+
Термическая и термохимическая переработка нефти и нефтепродуктов						
Термические методы переработки нефти						+
Технологические схемы переработки нефти						+

	Вес КМ:	10	20	30	20	20
\$Общая часть/Для промежуточной аттестации\$						

## СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

### I. Оценочные средства для оценки запланированных результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Индекс компетенции	Индикатор	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Контрольная точка
ПК-2	ИД-1 <sub>ПК-2</sub> Демонстрирует знание нормативов по энерго- и ресурсосбережению систем энергообеспечения и использования топлива для промышленных и коммунальных предприятий	Знать: методы получения, характеристики и область использования вторичного топлива	КМ-4 «Термохимическая переработка газовых отходов» (Контрольная работа)
ПК-2	ИД-2 <sub>ПК-2</sub> Принимает участие в разработке мероприятий по энерго- и ресурсосбережению систем энергообеспечения и использования топлива для промышленных и коммунальных предприятий	Уметь: анализировать энергоэффективность теплотехнологических установок переработки топлива	КМ-2 «Определение состава продуктов окислительных конверсий природного газа» (Контрольная работа)
ПК-4	ИД-1 <sub>ПК-4</sub> Соблюдает правила технологической, производственной и трудовой дисциплины при эксплуатации систем энергообеспечения и использования топлива	Знать: основные теплотехнические характеристики вторичного топлива, методы их расчета и экспериментального	КМ-3 «Термохимические способы переработки газового топлива» (Тестирование) КМ-5 «Газификация твердого топлива» (Контрольная работа)

	для промышленных и коммунальных предприятий	определения Уметь: производить расчеты основных характеристик процессов окислительных и безокислительных конверсий природного газа и газификации и пиролиза твердых топлив	
ПК-5	ИД-1 <sub>ПК-5</sub> Принимает участие в организации технического и материального обеспечения эксплуатации систем энергообеспечения и использования топлива для промышленных и коммунальных предприятий	Знать: методы анализа полученной информации при разработке эффективных устройств для переработки топлива в теплотехнологических установках Уметь: осуществлять поиск и анализировать научно-техническую информацию по повышению эффективности процессов переработки топлива	КМ-1 "Термодинамическое равновесие в высокотемпературных системах" (Контрольная работа) КМ-5 «Газификация твердого топлива» (Контрольная работа)

## II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

### КМ-1. КМ-1 "Термодинамическое равновесие в высокотемпературных системах"

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Технология проверки связана с решением задачи в письменном виде и представления решения в очном виде или при использовании СДО "Прометей" или "Moodle"

#### Краткое содержание задания:

Контрольная точка направлена на проверку знаний по термодинамическому равновесию в высокотемпературных системах

#### Контрольные вопросы/задания:

Знать: методы анализа полученной информации при разработке эффективных устройств для переработки топлива в теплотехнологических установках	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Определить равновесный состав (об. %) продуктов сгорания газообразного топлива заданного состава при атмосферном давлении и заданной температуре и коэффициенте расхода окислителя, если в процессе горения использовалось топливо заданного состава (об. %) в азотно-кислородной смеси с заданными значением доли кислорода в окислителе</li><li>2. Определить равновесный состав (об. %) продуктов сгорания твердого топлива заданного состава при атмосферном давлении и заданной температуре и коэффициенте расхода окислителя, если в процессе горения использовалось топливо заданного состава (об. %) в азотно-кислородной смеси с заданными значением доли кислорода в окислителе</li><li>3. Выполнить материальный баланс химических элементов в топливе, окислителе и в продуктах сгорания, определить удельные выходы компонентов для продуктов горения газового и конденсированного топлива</li></ol>
--	--

#### Описание шкалы оценивания:

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 85*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*



*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

*Оценка:* 2

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

### **КМ-2. КМ-2 «Определение состава продуктов окислительных конверсий природного газа»**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Технология проверки связана с решением задачи в письменном виде и представления решения в очном виде или при использовании СДО "Прометей" или "Moodle"

#### **Краткое содержание задания:**

Контрольная точка направлена на проверку умений по определению состава продуктов окислительных конверсий природного газа

#### **Контрольные вопросы/задания:**

Уметь: анализировать энергоэффективность теплотехнологических установок переработки топлива	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Рассчитать равновесный состав синтез-газа, получающегося при паровой конверсии природного газа, определить требуемый подвод теплоты <math>Q_{доп}</math> в реактор при температурах исходных потоков: природного газа и окислительных компонентов.</li><li>2. Рассчитать равновесный состав синтез-газа, получающегося при углекислотной конверсии природного газа, определить требуемый подвод теплоты <math>Q_{доп}</math> в реактор при температурах исходных потоков: природного газа и окислительных компонентов.</li><li>3. Рассчитать равновесный состав синтез-газа, получающегося при кислородной конверсии (парциального окисления) природного газа, определить требуемый подвод теплоты <math>Q_{доп}</math> в реактор при температурах исходных потоков: природного газа и окислительных компонентов.</li><li>4. Определить материальный баланс химических элементов в исходных веществах и в продуктах реакции в процессе окислительной конверсии природного газа.</li></ol>
---	--

#### **Описание шкалы оценивания:**

*Оценка:* 5

*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 85

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

*Оценка:* 4

*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

### КМ-3. КМ-3 «Термохимические способы переработки газового топлива»

**Формы реализации:** Компьютерное задание

**Тип контрольного мероприятия:** Тестирование

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 30

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Технология проверки связана с выполнением контрольного теста по изученной теме. Время, отведенное на выполнение задания, устанавливается не более 30 минут. Количество попыток не более 3х. Тестирование проводится с использованием СДО "Прометей" или "Moodle". К тестированию допускается пользователь, изучивший материалы, авторизированный уникальным логином и паролем.

**Краткое содержание задания:**

Контрольная точка направлена на оценку освоения знаний по теме "«Термохимические способы переработки газового топлива»"

**Контрольные вопросы/задания:**

<p>Знать: основные теплотехнические характеристики вторичного топлива, методы их расчета и экспериментального определения</p>	<p>1. Выбрать из представленных выражений констант равновесия константу равновесия для кислородной конверсии</p> $K_p(T) = \frac{V_{CO} (V_{H_2})^2 p_{\Sigma}^{3/2}}{V_{CH_4} (V_{O_2})^2 V_{\Sigma}^{3/2}}$ $K_p(T) = \frac{V_{CO} (V_{H_2})^3 p_{\Sigma}^2}{V_{CH_4} V_{H_2O} V_{\Sigma}^2}$ $K_p(T) = \frac{V_{CO_2} V_{H_2}}{V_{H_2O} V_{CO}}$ $K_p(T) = \frac{(V_{CO})^2 (V_{H_2})^2 p_{\Sigma}^2}{V_{CH_4} V_{CO_2} V_{\Sigma}^2}$ <p>2. Выбрать уравнение теплового баланса реактора для паровой конверсии природного газа</p>
---	--

	$Q_{\Gamma}^{\text{ХИМ}} + Q_{\Gamma}^{\text{ФИЗ}} + Q_{\text{H}_2\text{O}}^{\text{ОК.КОНВ}} + Q_{\text{доп}} = Q_{\text{сг}}^{\text{ХИМ}} + Q_{\text{сг}}^{\text{ФИЗ}}$ $Q_{\Gamma}^{\text{ХИМ}} + Q_{\Gamma}^{\text{ФИЗ}} + Q_{\text{АКС}}^{\text{ОК.КОНВ}} + Q_{\text{H}_2\text{O}}^{\text{ОК.КОНВ}} + Q_{\text{CO}_2}^{\text{ОК.КОНВ}} + Q_{\text{доп}} = Q_{\text{сг}}^{\text{ХИМ}} + Q_{\text{сг}}^{\text{ФИЗ}}$ $Q_{\Gamma.о}^{\text{ХИМ}} + Q_{\Gamma.о}^{\text{ФИЗ}} + Q_{\Gamma}^{\text{ХИМ}} + Q_{\Gamma}^{\text{ФИЗ}} = Q_{\text{сг}}^{\text{ХИМ}} + Q_{\text{сг}}^{\text{ФИЗ}}$ $Q_{\text{сг}}^{\text{ХИМ}} + Q_{\text{сг}}^{\text{ФИЗ}}(t_{\text{сг}}) - Q_{\text{доп}} = Q_{\text{сг}}^{\text{ХИМ}} + Q_{\text{сг}}^{\text{ФИЗ}}(t'_{\text{сг}})$ <p>3.Провести соответствие между названием и химической реакцией окислительных конверсий метана:</p> <table border="1"> <tr> <td>паровая конверсия (или паровой риформинг – steam reforming)</td> <td><math>\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} = \text{CO} + 3\text{H}_2 - 206,3</math> кДж/моль</td> </tr> <tr> <td>кислородная конверсия (или парциальное окисление – partial oxidation)</td> <td><math>\text{CH}_4 + 1/2\text{O}_2 = \text{CO} + 2\text{H}_2 + 36</math> кДж/моль</td> </tr> <tr> <td>углекислотная конверсия (или «сухой» риформинг – dry reforming)</td> <td><math>\text{CH}_4 + \text{CO}_2 = 2\text{CO} + 2\text{H}_2 - 247,5</math> кДж/моль</td> </tr> </table>	паровая конверсия (или паровой риформинг – steam reforming)	$\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} = \text{CO} + 3\text{H}_2 - 206,3$ кДж/моль	кислородная конверсия (или парциальное окисление – partial oxidation)	$\text{CH}_4 + 1/2\text{O}_2 = \text{CO} + 2\text{H}_2 + 36$ кДж/моль	углекислотная конверсия (или «сухой» риформинг – dry reforming)	$\text{CH}_4 + \text{CO}_2 = 2\text{CO} + 2\text{H}_2 - 247,5$ кДж/моль
паровая конверсия (или паровой риформинг – steam reforming)	$\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} = \text{CO} + 3\text{H}_2 - 206,3$ кДж/моль						
кислородная конверсия (или парциальное окисление – partial oxidation)	$\text{CH}_4 + 1/2\text{O}_2 = \text{CO} + 2\text{H}_2 + 36$ кДж/моль						
углекислотная конверсия (или «сухой» риформинг – dry reforming)	$\text{CH}_4 + \text{CO}_2 = 2\text{CO} + 2\text{H}_2 - 247,5$ кДж/моль						

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 85*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено*

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено*

**КМ-4. КМ-4 «Термохимическая переработка газовых отходов»**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Технология проверки связана с решением задачи в письменном виде и представления решения в очном виде или при использовании СДО "Прометей" или "Moodle"

**Краткое содержание задания:**

Контрольная точка направлена на проверку знаний по разработке материального и теплового баланса термохимической переработки газовых отходов

**Контрольные вопросы/задания:**

<p>Знать: методы получения, характеристики и область использования вторичного топлива</p>	<p>1. Представить принципиальную схему процесса ЭХА и определить, какие компоненты входят в состав синтез-газа.</p> <p>2. При известном составе и температуре газовых отходов определить состав и температуру получаемого синтез-газа в процессе энергохимической аккумуляции, если заданы состав, удельный расход и температура природного газа, используемого для ЭХА, а также давление синтез-газа.</p> <p>Дополнительно определить как изменяются температура синтез-газа, процентное содержание в нем <math>H_2</math> и <math>CH_4</math>, а также коэффициент эффективности генерации водорода <math>\eta_H</math> при варьировании давления синтез-газа: 1; 2; 10; 20; 30 атм;</p> <p>3. При известном составе и температуре газовых отходов определить состав и температуру получаемого синтез-газа в процессе энергохимической аккумуляции, если заданы состав, удельный расход и температура природного газа, используемого для ЭХА, а также давление синтез-газа.</p> <p>Дополнительно определить как изменяются температура синтез-газа, процентное содержание в нем <math>H_2</math> и <math>CH_4</math>, а также коэффициент эффективности генерации водорода <math>\eta_H</math> при варьировании удельного расхода природного газа на процесс ЭХА: 0,8; 0,9; 1,0; 1,1; 1,2 от удельного расхода в базовом варианте.</p> <p>4. При известном составе и температуре газовых отходов определить состав и температуру получаемого синтез-газа в процессе энергохимической аккумуляции, если заданы состав, удельный расход и температура природного газа, используемого для ЭХА, а также давление синтез-газа.</p> <p>Дополнительно определить calorиметрические способности получаемого синтез-газа.</p>
---	--

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 85*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

### КМ-5. КМ-5 «Газификация твердого топлива»

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Технология проверки связана с решением задачи в письменном виде и представления решения в очном виде или при использовании СДО "Прометей" или "Moodle"

#### Краткое содержание задания:

Контрольная точка направлена на проверку умений по разработке материального баланса процесса газификации твердого топлива

#### Контрольные вопросы/задания:

Уметь: производить расчеты основных характеристик процессов окислительных и безокислительных конверсий природного газа и газификации и пиролиза твердых топлив	1. Определить энергетическую эффективность способа термохимической переработки конденсированного и газообразного топлива
Уметь: осуществлять поиск и анализировать научно-техническую информацию по повышению эффективности процессов переработки топлива	1. Определить равновесный состав генераторного газа (в объемных %), получаемого в процессе газификации конденсированного топлива заданного состава на рабочую массу ( $C^r; H^r; N^r; O^r; A^r; W^r$ ), если известны температура $t_{г.г.}$ , °С, и давление, атм, генераторного газа. Газифицирующий агент – смесь потоков водяного пара, м <sup>3</sup> /(кг топлива), и азотно-кислородной смеси с объемной долей кислорода и удельным расходом кислорода, м <sup>3</sup> /(кг топлива).  2. Исследовать как меняется процентное содержание H <sub>2</sub> и CH <sub>4</sub> в генераторном газе при варьировании его давления, задавшись следующими значениями: 1; 2; 10; 20; 30 атм. Результаты исследования представить в виде графиков.  3. Рассчитать материальный и тепловой баланс процесса газификации в зависимости от состава конденсированного топлива и состава окислительных компонентов.

#### Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 85

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

*Оценка:* 4

*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 60

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто

*Оценка:* 3

*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 50

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

*Оценка:* 2

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

# СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

7 семестр

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

## Пример билета

Билет №1

1. Дать определения топлива, топливно-энергетического ресурса и теплотехнологии привести пример теплотехнологии переработки топлива на примере нефти, угля или природного газа
2. Представить принципиальную схему технологии производства водорода на основании паровой конверсии природного газа

## Процедура проведения

Экзамен проводится в устной форме, включает теоретические вопросы и задание. К экзамену допускаются студенты, успешно выполнившие и защитившие все контрольные мероприятия

### *1. Перечень компетенций/индикаторов и контрольных вопросов проверки результатов освоения дисциплины*

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-1<sub>ПК-2</sub> Демонстрирует знание нормативов по энерго- и ресурсосбережению систем энергообеспечения и использования топлива для промышленных и коммунальных предприятий

## Вопросы, задания

1. Билет 10

1. Описать основные преимущества и недостатки парциального окисления метана по сравнению с паровой конверсией, представить принципиальные схемы реакторов обеих реакций
2. Схема использования синтез-газа для процесса Фишера-Тропша. Дать характеристику химической реакции данного процесса в общем виде, дать энергетические характеристики данного процесса

## Материалы для проверки остаточных знаний

1. Билет 10

Составить алгоритм расчета для определения состава синтез-газа и подводимой теплоты для проведения конверсии метана, если синтез-газ получают в процессе совместной паровой и углекислотной конверсии, при этом отношение расхода  $H_2O$  и  $CO_2$  к расходу метана составляет 3 и 1 соответственно, в процессе алгоритма необходимо учесть уравнения закона действующих масс для реакции паровой конверсии метана и реакции водяного газа

Ответы:

Составить материальный баланс исходных веществ Определить константы равновесия продуктов реакции Составить систему уравнений для определения удельных объемов продуктов реакции и их суммарное количество Составить тепловой баланс и определить дополнительную теплоту, которую необходимо подвести в процессе конверсии метана

Верный ответ: Материальный баланс исходных веществ Константы равновесия продуктов реакции Система уравнений для определения удельных объемов

продуктов реакции и их суммарное количество Тепловой баланс с определением дополнительной теплоты для процесса паровой конверсии

**2. Компетенция/Индикатор:** ИД-2ПК-2 Принимает участие в разработке мероприятий по энерго- и ресурсосбережению систем энергообеспечения и использования топлива для промышленных и коммунальных предприятий

#### Вопросы, задания

1.Билет 4

1. Представить схему термохимической переработки коксующего угля для получения кокса и других продуктов и полупродуктов

2. Пояснить значение коэффициента энергетической эффективности использования водорода, привести пример

#### Материалы для проверки остаточных знаний

1.Билет 4

Определить равновесный состав синтез-газа, получаемого в процессе энергетической аккумуляции (ЭХА) отходящих газов следующего состава:  $\text{CO}_2=30\%$ ;  $\text{H}_2\text{O}=1\%$ ;  $\text{CO}=57\%$ ;  $\text{H}_2=2\%$ ;  $\text{O}_2=1\%$ ;  $\text{N}_2=9\%$  и с температурой, равной  $t_{\text{ог}}=1650$  оС, если удельный расход природного газа на процесс ЭХА составляет  $0,09$  м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup> отходящих газов, а температура получаемого синтез-газа  $t_{\text{сг}}=1050$  оС, состав природного газа, подаваемого на ЭХА:  $\text{CH}_4=95\%$ ;  $\text{C}_2\text{H}_6=3\%$ ;  $\text{CO}_2=1\%$ ;  $\text{N}_2=1\%$ . Перед решением задачи представить принципиальную схему процесса ЭХА

Ответы:

Составить материальный баланс исходных веществ Определить константу равновесия продуктов реакции Составить и решить систему уравнений для определения удельных объемов продуктов реакции и их суммарное количество Определить равновесный состав  
Верный ответ:  $\text{CO}_2=13,84\%$ ;  $\text{H}_2\text{O}=4,76\%$ ;  $\text{CO}=61,73\%$ ;  $\text{H}_2=11,84\%$ ;  $\text{N}_2=7,84\%$

**3. Компетенция/Индикатор:** ИД-1ПК-4 Соблюдает правила технологической, производственной и трудовой дисциплины при эксплуатации систем энергообеспечения и использования топлива для промышленных и коммунальных предприятий

#### Вопросы, задания

1.Билет 1

1. Дать определения топлива, топливно-энергетического ресурса и теплотехнологии привести пример теплотехнологии переработки топлива на примере нефти, угля или природного газа

2. Представить принципиальную схему технологии производства водорода на основании паровой конверсии природного газа

2.Билет 7

1. Дать основные характеристики паровой конверсии природного газа и рассмотреть основные принципиальные схемы реакторов для проведения паровой конверсии природного газа

2. Представить схему технологии производства метанола на основании синтез-газа, рассказать об особенностях данной схемы

3.Билет 9

1. Дать основные характеристики процесса парциального окисления метана представить, изобразить принципиальную схему реактора



2. Раскрыть вопрос о назначении процесса Фишера-Тропша, показать стадии переработки топлива, где используется процесс Фишера-Тропша

### Материалы для проверки остаточных знаний

#### 1.Билет 3

Определить равновесный состав синтез-газа, получаемого в процессе углекислотной конверсии метана при объемном соотношении  $\text{CO}_2:\text{CH}_4=1:1$  и при температуре получаемого синтез-газа  $t_{\text{сг}}=1000$  оС и атмосферном давлении. После определения равновесного состава определить теоретически необходимый подвод теплоты для проведения конверсии, если в систему подается углекислый газ с температурой 150 оС, температуру природного газа принять равной 0 оС

Ответы:

Составить материальный баланс исходных веществ Определить константу равновесия продуктов реакции Составить и решить систему уравнений для определения удельных объемов продуктов реакции и их суммарное количество Определить равновесный состав Составить тепловой баланс и определить необходимый подвод теплоты

Верный ответ:  $\text{CO}_2=0,129\%$ ;  $\text{H}_2\text{O}=0,212\%$ ;  $\text{CH}_4=0,341$ ;  $\text{CO}=49,871$ ;  $\text{H}_2=49,448\%$   
 $\text{N}_2=0\%$   $Q_{\text{теор}}=16124$  кДж/м<sup>3</sup>

#### 2.Билет 7

Определить равновесный состав синтез-газа, получаемого в процессе реакции водяного газа при температуре 400 оС из синтез-газа, полученного в процессе паровой конверсии природного газа при температуре 1000 оС следующего состава  $\text{CO}_2=4\%$ ,  $\text{H}_2\text{O}=30\%$ ,  $\text{CO}=13\%$ ,  $\text{H}_2=53\%$ ,  $\text{N}_2=0\%$ , на основании полученного состава определить теплоту, которую необходимо отвести в процессе конверсии водяного газа, приведенную к 1 м<sup>3</sup> синтез-газа

Ответы:

Составить материальный баланс исходных веществ Определить константу равновесия продуктов реакции Составить и решить систему уравнений для определения удельных объемов продуктов реакции и их суммарное количество Определить равновесный состав Составить тепловой баланс и определить избыточную теплоту, которую необходимо отвести в процессе конверсии водяного газа

Верный ответ:  $\text{CO}_2'=13,67\%$ ;  $\text{H}_2\text{O}'=20,3\%$ ;  $\text{CO}'=3,3$ ;  $\text{H}_2'=62,7\%$ ;  $\text{N}_2'=0\%$   
 $Q_{\text{изб.}}=1094$  кДж/м<sup>3</sup> синтез-газа

#### 3.Билет 9

Составить алгоритм расчета для определения состава синтез-газа и подводимой теплоты для проведения конверсии метана, если синтез-газ получают в процессе совместной паровой и углекислотной конверсии, при этом отношение расхода  $\text{H}_2\text{O}$  и  $\text{CO}_2$  к расходу метана составляет 2 и 1 соответственно, в процессе алгоритма необходимо учесть уравнения закона действующих масс для реакции паровой конверсии метана и реакции водяного газа

Ответы:

Составить материальный баланс исходных веществ Определить константы равновесия продуктов реакции Составить систему уравнений для определения удельных объемов продуктов реакции и их суммарное количество Составить тепловой баланс и определить дополнительную теплоту, которую необходимо подвести в процессе конверсии метана

Верный ответ: Материальный баланс исходных веществ Константы равновесия продуктов реакции Система уравнений для определения удельных объемов продуктов реакции и их суммарное количество Тепловой баланс с определением дополнительной теплоты теплоты для процесса паровой конверсии

**4. Компетенция/Индикатор:** ИД-1ПК-5 Принимает участие в организации технического и материального обеспечения эксплуатации систем энергообеспечения и использования топлива для промышленных и коммунальных предприятий

#### **Вопросы, задания**

1.Билет 8

1. Дать основные характеристики паровой конверсия метана, рассмотреть схему и возможные реакторы для проведения данной реакции

2. Производство метанола при использовании схем с реакторами высокого и низкого давления, пояснить характеристики, преимущества и недостатки предоставленных схем

#### **Материалы для проверки остаточных знаний**

1.Билет 8

Определить равновесный состав синтез-газа, получаемого в процессе реакции водяного газа при температуре 450 оС из синтез газа, полученного в процессе паровой конверсии природного газа при температуре 1000 оС следующего состава  $\text{CO}_2=4\%$ ,  $\text{H}_2\text{O}=30\%$ ,  $\text{CO}=13\%$ ,  $\text{H}_2=53\%$ ,  $\text{N}_2=0\%$ , на основании полученного состава определить теплоту, которую необходимо отвести в процессе конверсии водяного газа, приведенную к 1 м<sup>3</sup> синтез-газа

Ответы:

Составить материальный баланс исходных веществ Определить константу равновесия продуктов реакции Составить и решить систему уравнений для определения удельных объемов продуктов реакции и их суммарное количество Определить равновесный состав Составить тепловой баланс и определить избыточную теплоту, которую необходимо отвести в процессе конверсии водяного газа

Верный ответ:  $\text{CO}_2^*=12,46\%$ ;  $\text{H}_2\text{O}^*=21,54\%$ ;  $\text{CO}^*=4,54$ ;  $\text{H}_2^*=61,46\%$  ;  $\text{N}_2^*=0\%$

Q<sub>изб.</sub>=998 кДж/м<sup>3</sup> синтез-газа

#### **II. Описание шкалы оценивания**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 85*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена в рамках "продвинутого" уровня. Ответы даны верно, четко сформулированные особенности практических решений

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена в рамках "базового" уровня. Большинство ответов даны верно. В части материала есть незначительные недостатки

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена в рамках "порогового" уровня. Основная часть задания выполнена верно. на вопросы углубленного уровня

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа не выполнена или выполнена преимущественно неправильно

#### **III. Правила выставления итоговой оценки по курсу**

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании зачетной и экзаменационной составляющих