

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования



**Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет**

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по образовательной  
деятельности

 А.Б. Петроченков

« 25 » мая 20 23 г.

### **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Дисциплина:** Теоретические основы энергоресурсосбережения  
(наименование)

**Форма обучения:** очная  
(очная/очно-заочная/заочная)

**Уровень высшего образования:** магистратура  
(бакалавриат/специалитет/магистратура)

**Общая трудоёмкость:** 144 (4)  
(часы (ЗЕ))

**Направление подготовки:** 15.04.02 Технологические машины и оборудование  
(код и наименование направления)

**Направленность:** Машины, аппараты химических производств и  
нефтегазопереработки  
(наименование образовательной программы)

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели и задачи дисциплины

Цель учебной дисциплины - формирование комплекса знаний умений и навыков в области теоретических основ энерго- и ресурсосбережения (ЭРС) в химической технологии.

Задачи учебной дисциплины:

- изучение физико-химической сущности процессов ЭРС с последующим анализом результатов; способов и средств утилизации вторичных энергетических и материальных ресурсов;
- формирование умения использовать теоретические и технологические основы процессов ЭРС при анализе и оценке эффективности химико-технологических процессов;
- формирование навыков инженерного подхода к вопросам рационального использования энерго- и материальных ресурсов в химической технологии.

### 1.2. Изучаемые объекты дисциплины

- методы оценки энергетической эффективности производства;
- методы расчета основных видов энергии и определения потерь энергии при осуществлении различных технологических процессов;
- основные приемы использования вторичных энергоресурсов.

### 1.3. Входные требования

Не предусмотрены

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-1.5	ИД-1ПК-1.5	Знает основные законы термодинамики, понятие эксэргии, конструкцию и принципы работы современных аппаратов и реакторов, представляющих агрегаты большой единичной мощности, методы их расчета с точки зрения энергоресурсосбережения.	Знает основные законы термодинамики, понятие эксэргии, конструкцию и принципы работы современных аппаратов и реакторов, представляющих агрегаты большой единичной мощности, методы их расчета с точки зрения энергоресурсосбережения.	Зачет

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-1.5	ИД-2ПК-1.5	Умеет составлять материальные и энергетические балансы, выполнять на основе этого проектировочные расчеты химического оборудования, проводить пуско-наладочные работы и выбирать оптимальные режимы работы оборудования с точки зрения энергоресурсосбережения.	Умеет составлять материальные и энергетические балансы, выполнять на основе этого проектировочные расчеты химического оборудования, проводить пуско-наладочные работы и выбирать оптимальные режимы работы оборудования с точки зрения энергоресурсосбережения.	Зачет
ПК-1.5	ИД-3ПК-1.5	Владеет навыками расчета и выбора аппаратов и реакторов агрегатов большой единичной мощности и выбора оптимальных режимов работы химико-технологического оборудования с целью минимизации энергетических затрат.	Владеет навыками расчета и выбора аппаратов и реакторов агрегатов большой единичной мощности и выбора оптимальных режимов работы химико-технологического оборудования с целью минимизации энергетических затрат.	Зачет

### 3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		1	2
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	48		48
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	8		8
- лабораторные работы (ЛР)			
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	36		36
- контроль самостоятельной работы (КСР)	4		4
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	60		60
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен	36		36
Дифференцированный зачет			
Зачет			
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	144		144

#### 4. Содержание дисциплины

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
2-й семестр				
Введение	1	0	0	0
Организация учебного процесса. Основные понятия, термины и определения. Предмет и задачи дисциплины, ее связь с другими дисциплинами.				
Эксергия материальных и энергетических потоков	2	0	6	2
Понятие эксергии. Сущность метода. Степень термодинамического совершенства технологических процессов. Классификация потерь эксергии. Эксергетический к.п.д. системы.				
Виды ВЭР и направления их использования	4	0	30	56
Тема 2. Утилизация горючих отходов химических производств. Теория горения газового топлива. Особенности сжигания газового топлива и газообразных ВЭР. Горелки для сжигания газообразных ВЭР. Некоторые расчетные зависимости сжигания газового топлива. Использование ВЭР производства каустической соды. Особенности сжигания жидкого топлива и жидкофазных ВЭР. Форсунки для сжигания жидкофазных ВЭР. Расчетные зависимости сжигания жидкофазных ВЭР. Установки огневого обезвреживания жидкофазных ВЭР с использованием тепла отходящих газов. Особенности сжигания твердофазных ВЭР. Тепловые расчеты горения горючих отходов. Тема 3. Утилизация тепловых отходов химических производств. Утилизация высокотемпературных тепловых отходов. Котлы-утилизаторы, их конструкции и работа. Утилизация низкопотенциальных отходов. Основные виды низкопотенциальных ВЭР. Утилизация тепла загрязненных стоков в аппаратах мгновенного вскипания. Утилизация тепла агрессивных жидкостей. Утилизация тепла вентвыбросов. Утилизация тепла низкотемпературных дымовых газов. Утилизация тепла отработанного пара. Тема 4. Использование ВЭР в тепловых насосах. Принцип действия тепловых насосов. Абсорбционные тепловые насосы.				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Экологические проблемы сжигания горючих ВЭР	1	0	0	2
Методы подавления образования оксидов азота при сжигании ВЭР. Методы очистки газов от оксидов азота. Методы очистки газовых выбросов от оксидов серы.				
ИТОГО по 2-му семестру	8	0	36	60
ИТОГО по дисциплине	8	0	36	60

### Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Расчет эксергии веществ и потоков. Составление энергетических и эксергетических балансов систем.
2	Расчет процесса горения газообразных ВЭР. Теплота сгорания. Компонентный состав продуктов горения. Температура горения. Расчет процессов горения жидкофазных ВЭР.
3	Тепловые расчеты утилизационного оборудования.

## 5. Организационно-педагогические условия

### 5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при которой учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала, а также на развитие логического мышления. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установления связей с ранее освоенным материалом.

Практические занятия проводятся на основе реализации метода обучения действием: определяются проблемные области, формируются группы. При проведении практических занятий преследуются следующие цели: применение знаний отдельных дисциплин и креативных методов для решения проблем и принятия решений; отработка у обучающихся навыков командной работы, межличностных коммуникаций и развитие лидерских качеств; закрепление основ теоретических знаний.

При проведении учебных занятий используются интерактивные лекции, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинги и анализ ситуаций и имитационных моделей.

## 5.2. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям, лабораторным работам и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

## 6. Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

### 6.1. Печатная учебно-методическая литература

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
<b>1. Основная литература</b>		
1	Колесников А.И. Энергосбережение в промышленных и коммунальных предприятиях : учебное пособие / А.И. Колесников, М.Н. Федоров, Ю.М. Варфоломеев. - М.: ИНФРА-М, 2005.	6
2	Меркер Э. Э. Энергосбережение в промышленности и эксергетический анализ технологических процессов : учебное пособие для вузов / Э. Э. Меркер, Г. А. Карпенко, И. М. Тынников. - Старый Оскол: ТНТ, 2010.	3
3	Сажин Б.С. Эксергетический метод в химической технологии / Б.С.Сажин, А.П.Булеков. - М.: Химия, 1992.	1
4	Хараз Д. И. Пути использования вторичных энергоресурсов в химических производствах / Д. И. Хараз, Б. И. Псахис. - Москва: Химия, 1984.	1
5	Хлуденев А. Г. Теоретические основы энерго- и ресурсосбережения в химической технологии : учебное пособие / А. Г. Хлуденев. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2018.	5
<b>2. Дополнительная литература</b>		
<b>2.1. Учебные и научные издания</b>		
1	Касаткин А. Г. Основные процессы и аппараты химической технологии : учебник для вузов / А. Г. Касаткин. - Москва: Альянс, 2018.	10
2	Лейтес И.Л. Теория и практика химической энерготехнологии / И.Л.Лейтес, М.Х.Сосна, В.П.Семенов. - М.: Химия, 1988.	2
3	Лейтес И.Л. Теория и практика химической энерготехнологии / И.Л.Лейтес, М.Х.Сосна, В.П.Семенов. - М.: Химия, 1988.	2
<b>2.2. Периодические издания</b>		
1	Теоретические основы химической технологии : журнал / Российская академия наук. Отделение химии и науки о минералах. - Москва: Наука, 1967 - .	1

2	Химическое и нефтегазовое машиностроение : международный научно-технический и производственный журнал / Российская инженерная академия; Газпром; Московский государственный университет инженерной экологии. - Москва: Изд-во МГУИЭ, 1932 - .	1
3	Химия и технология топлив и масел : научно-технический журнал / Министерство энергетики Российской Федерации; Российский государственный университет нефти и газа имени И.М. Губкина; Ассоциация нефтепереработчиков и нефтехимиков; Всероссийский научно-исследовательский институт по переработке нефти. - Москва: Изд-во РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина, 1956 - .	1
<b>2.3. Нормативно-технические издания</b>		
	Не используется	
<b>3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины</b>		
	Не используется	
<b>4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента</b>		
	Не используется	

## 6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Дополнительная литература	Касаткин А. Г. Основные процессы и аппараты химической технологии : учебник для вузов / А. Г. Касаткин. - Москва: Альянс, 2018.	<a href="http://elib.pstu.ru/Record/RUPSTUbooks199728">http://elib.pstu.ru/Record/RUPSTUbooks199728</a>	сеть Интернет; свободный доступ
Основная литература	Меркер Э. Э. Энергосбережение в промышленности и эксергетический анализ технологических процессов : учебное пособие для вузов / Э. Э. Меркер, Г. А. Карпенко, И. М. Тынников. - Старый Оскол: ТНТ, 2010.	<a href="http://elib.pstu.ru/Record/RUPSTUbooks140268">http://elib.pstu.ru/Record/RUPSTUbooks140268</a>	сеть Интернет; свободный доступ
Основная литература	Сажин Б.С. Эксергетический метод в химической технологии / Б.С.Сажин, А.П.Булеков. - М.: Химия, 1992.	<a href="http://elib.pstu.ru/Record/RUPSTUbooks5008">http://elib.pstu.ru/Record/RUPSTUbooks5008</a>	сеть Интернет; свободный доступ
Основная литература	Хараз Д. И. Пути использования вторичных энергоресурсов в химических производствах / Д. И. Хараз, Б. И. Псахис. - Москва: Химия, 1984.	<a href="http://elib.pstu.ru/Record/RUPSTUbooks169756">http://elib.pstu.ru/Record/RUPSTUbooks169756</a>	сеть Интернет; свободный доступ

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Основная литература	Хлуденев А. Г. Теоретические основы энерго- и ресурсосбережения в химической технологии : учебное пособие / А. Г. Хлуденев. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2018.	<a href="http://elib.pstu.ru/Record/RUPSTUbooks216320">http://elib.pstu.ru/Record/RUPSTUbooks216320</a>	сеть Интернет; свободный доступ

### 6.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	MS Windows 8.1 (подп. Azure Dev Tools for Teaching )
Офисные приложения.	Microsoft Office Professional 2007. лиц. 42661567

### 6.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
База данных научной электронной библиотеки (eLIBRARY.RU)	<a href="https://elibrary.ru/">https://elibrary.ru/</a>
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	<a href="http://lib.pstu.ru/">http://lib.pstu.ru/</a>
Электронно-библиотечная система Лань	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
Электронно-библиотечная система IPRbooks	<a href="http://www.iprbookshop.ru/">http://www.iprbookshop.ru/</a>
Электронно-библиотечная система ЮРАЙТ	<a href="https://biblio-online.ru/">https://biblio-online.ru/</a>
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	<a href="http://www.consultant.ru/">http://www.consultant.ru/</a>
Электронная библиотека диссертаций Российской государственной библиотеки	<a href="http://www.diss.rsl.ru/">http://www.diss.rsl.ru/</a>
Информационно-справочная система нормативно-технической документации "Техэксперт: нормы, правила, стандарты и законодательства России"	<a href="https://техэксперт.сайт/">https://техэксперт.сайт/</a>

### 7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Лекция	компьютер, проектор, экран, доска	1
Практическое занятие	компьютер	10

## **8. Фонд оценочных средств дисциплины**

Описан в отдельном документе

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«Пермский национальный исследовательский политехнический  
университет»**

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине  
**«Теоретические основы энергоресурсосбережения»**  
*Приложение к рабочей программе дисциплины*

<b>Направление подготовки:</b>	15.04.02 «Технологические машины и оборудование»
<b>Направленность (профиль):</b>	Машины, аппараты химических производств и нефтегазопереработки
<b>Квалификация выпускника:</b>	Магистр
<b>Выпускающая кафедра:</b>	Оборудование и автоматизация химических производств
<b>Форма обучения:</b>	Очная
<b>Курс: 1</b>	<b>Семестр: 2</b>
<b>Трудоёмкость:</b>	
Кредитов по рабочему учебному плану:	4 ЗЕ
Часов по рабочему учебному плану:	144 ч.
<b>Форма промежуточной аттестации:</b>	Экзамен: 2 семестр

**Фонд оценочных средств** для проведения промежуточной аттестации обучающихся для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине является частью (приложением) к рабочей программе дисциплины. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине разработан в соответствии с общей частью фонда оценочных средств для проведения промежуточной аттестации основной образовательной программы, которая устанавливает систему оценивания результатов промежуточной аттестации и критерии выставления оценок. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине устанавливает формы и процедуры текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.

### **1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине, объекты оценивания и виды контроля**

Согласно РПД, освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение одного семестра (2-го семестра) и разбито на 3 учебных модуля: «Эксергия материальных и энергетических потоков»; «Виды ВЭР и направления их использования»; «Экологические проблемы сжигания горючих ВЭР». В каждом модуле предусмотрены аудиторские лекционные и практические занятия, а также самостоятельная работа студентов. В рамках освоения учебного материала дисциплины формируются компоненты дисциплинарных компетенций *знать, уметь, владеть*, указанные в РПД, которые выступают в качестве контролируемых результатов обучения (табл. 1.1).

Таблица 1.1 Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине

Контролируемые результаты освоения дисциплины (ЗУВы)	Вид контроля				
	ТК		ПК		Экзамен
	С	ТО	ПЗ	ТВ	
В результате освоения дисциплины студент:					
<b>Знает:</b>					
- способы построения ЭРС технологических систем	С				ТВ
- основы методов термодинамической оптимизации ЭРС систем		ТО			ТВ
- основы методов проектирования ЭРС аппаратов и технологических систем		ТО			ТВ
<b>Умеет:</b>					
- разрабатывать технологический режим с позиций ЭРС			ПЗ	ТВ	ПЗ
- анализировать влияние ЭРС технологий на экологические проблемы			ПЗ	ТВ	ПЗ
- составлять материальные, энергетические и эксергетические балансы			ПЗ	ТВ	ПЗ
<b>Владеет:</b>			ПЗ	ТВ	
- способами оценки различных вариантов ЭРС технологических систем			ПЗ	ТВ	КЗ
- методами и приёмами энерго- и ресурсосбережения			ПЗ	ТВ	КЗ

*ТО – текущий опрос; ТКР – текущая контрольная работа по теме; РКР – рубежная контрольная работа; ТВ – теоретический вопрос; ПЗ – практическое задание; КЗ – комплексное задание дифференцированного зачета.*

Контроль уровня усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретённых владений осуществляется в рамках текущего, рубежного и итогового контроля при изучении теоретического материала, выполнении практических заданий и экзамена.

Итоговой оценкой освоения дисциплинарной компетенции (результатов

обучения по дисциплине) является промежуточная аттестация в виде дифференцированного зачета, проводимая с учетом результатов текущего и рубежного контроля.

## **2. Виды контроля, типовые контрольные задания и шкалы оценивания результатов обучения**

Текущий контроль успеваемости имеет целью обеспечение максимальной эффективности учебного процесса, управление процессом формирования заданных компетенций обучаемых, повышение мотивации к учёбе и предусматривает оценивание хода освоения дисциплины. В соответствии с Положением о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, специалитета и магистратуры в ПНИПУ предусмотрены следующие виды и периодичность текущего контроля успеваемости обучающихся:

- входной контроль, проверка исходного уровня подготовленности обучаемого и его соответствия предъявляемым требованиям для изучения данной дисциплины;
- текущий контроль усвоения материала (уровня освоения компонента «знать» заданных компетенций) на каждом групповом занятии и контроль посещаемости лекционных занятий;
- промежуточный и рубежный контроль освоения обучаемыми отдельных компонентов «знать», «уметь» заданных компетенций путем компьютерного или бланочного тестирования, контрольных опросов, контрольных работ (индивидуальных домашних заданий), защиты отчётов по лабораторным работам, рефератов, эссе и т.д.

Рубежный контроль по дисциплине проводится на следующей неделе после прохождения модуля дисциплины, а промежуточный – во время каждого контрольного мероприятия внутри модулей дисциплины;

- межсессионная аттестация, единовременное подведение итогов текущей успеваемости не менее одного раза в семестр по всем дисциплинам для каждого направления подготовки (специальности), курса, группы;
- контроль остаточных знаний.

### **2.1. Текущий контроль усвоения материала**

Текущий контроль усвоения материала в форме собеседования или выборочного теоретического опроса студентов проводится по каждой теме. Результаты по 4-балльной шкале оценивания заносятся в книжку преподавателя и учитываются в виде интегральной оценки при проведении промежуточной аттестации.

### **2.2. Рубежный контроль**

Рубежный контроль для комплексного оценивания усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретённых владений (табл. 1.1) проводится в форме защиты практических заданий и рубежных контрольных работ (после изучения каждого модуля учебной дисциплины).

#### **2.2.1. Защита практических заданий**

Всего запланировано 3 практических задания. Типовые темы заданий приведены в РПД.

Защита заданий проводится индивидуально каждым студентом или группой студентов. Типовые шкала и критерии оценки приведены в общей части ФОС образовательной программы.

### **2.2.2. Рубежная контрольная работа**

В соответствии с количеством модулей запланировано 3 рубежные контрольные работы (КР) после освоения студентами учебных модулей дисциплины. Каждая КР проводится по одному из выше указанных модулей.

#### **Типовые вопросы и задания первой КР:**

1. Физический смысл эксергии. Эксергетический К.П.Д.
2. Порядок расчёта эксергии веществ и потоков.
3. Порядок составления энергетических и эксергетических балансов систем.
4. Классификация и взаимосвязь потерь эксергии. Закон Гюи-Стодолы.
5. Способы повышения эксергетического К.П.Д.

#### **Типовые вопросы и задания второй КР:**

1. Особенности сжигания газового топлива и газообразных ВЭР.
2. Особенности сжигания твердофазных ВЭР.
3. Указать недостатки использования горючих ВЭР.
4. Конструкции форсунок для сжигания жидкофазных ВЭР.
5. Проанализировать принципиальные ограничения утилизации тепла низкотемпературных дымовых газов.

6. Определить объем сухих газов и коэффициент избытка воздуха при полном сгорании газообразных ВЭР.

7. Состав ВЭР:  $\text{CO}_2 = 1,2\%$ ;  $\text{CH}_4 = 91,9\%$ ;  $\text{C}_2\text{H}_6 = 2,1\%$ ;  $\text{C}_3\text{H}_8 = 1,3\%$ ;  $\text{C}_4\text{H}_{10} = 0,4\%$ ;

8.  $\text{C}_5\text{H}_{12} = 0,1\%$ ;  $\text{N}_2 = 3\%$ . Продукты сгорания содержат  $16\% \text{CO}_2$  и  $4\% \text{O}_2$ .

9. 2. Определить энтальпию продуктов полного сгорания 1 кг твердофазного ВЭР следующего состава:  $\text{C}^p = 83\%$ ,  $\text{H}^p = 10,4\%$ ,  $\text{S}_d^p = 2,8\%$ ,  $\text{O}^p = 0,7\%$ ,  $\text{A}^p = 0,1\%$ ,  $\text{W}^p = 3,0\%$ . Температура газов на выходе из топки  $\Theta_r = 1100^\circ\text{C}$ . Коэффициент избытка воздуха  $\alpha = 1,15$ .

#### **Типовые вопросы и задания третьей КР:**

1. Методы подавления образования оксидов азота при сжигании ВЭР.
2. Методы очистки газов от оксидов азота.
3. Методы очистки газовых выбросов от оксидов серы.

### **2.3. Промежуточная аттестация (итоговый контроль)**

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего и рубежного контроля. Условиями допуска являются успешная сдача всех практических заданий и положительная интегральная оценка по результатам текущего и рубежного контроля.

Промежуточная аттестация, согласно РПД, проводится в виде экзамена по дисциплине устно по билетам. Билет содержит теоретические вопросы (ТВ) для проверки усвоенных знаний, практические задания (ПЗ) для проверки усвоенных умений и комплексные задания (КЗ) для контроля уровня приобретенных владений всех заявленных компетенций.

Билет формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы и практические задания, контролирующие уровень сформированности всех заявленных

компетенций. Форма билета представлена в общей части ФОС образовательной программы.

### **2.3.1. Типовые вопросы и задания для дифференцированного зачета по дисциплине**

Типовые вопросы для **контроля усвоенных знаний:**

1. Сущность эксергетического метода анализа ХТП. Виды эксергии.
2. Эксергетический баланс. Эксергетический К.П.Д.
3. Понятие ВЭР. Виды ВЭР, направления их использования.
4. Горючие отходы химических производств.

Типовые вопросы и практические задания для **контроля освоенных умений:**

1. Указать особенность сжигания газового топлива и горючих ВЭР.
2. Конструкции горелок для сжигания горючих ВЭР. Проанализировать их достоинства и недостатки.
3. Указать и проанализировать факторы, препятствующие утилизации низкопотенциальных ВЭР.

Типовые комплексные задания для **контроля приобретенных владений:**

1. Выбрать и обосновать способ утилизации тепла агрессивных жидкостей.
2. Анализ особенностей утилизации тепла загрязненных стоков в аппаратах мгновенного вскипания. Расчет температурной депрессии.
3. Способы интенсификации процесса горения твердофазных ВЭР.
4. Термодинамические условия оптимальной работы теплообменных аппаратов.

### **2.3.2. Шкалы оценивания результатов обучения на экзамене**

Оценка результатов обучения по дисциплине в форме уровня сформированности компонентов *знать, уметь, владеть* заявленных компетенций проводится по 4-х балльной шкале оценивания путем выборочного контроля во время экзамена.

Типовые шкала и критерии оценки результатов обучения при сдаче экзамена для компонентов *знать, уметь и владеть* приведены в общей части ФОС образовательной программы.

## **3. Критерии оценивания уровня сформированности компонентов и компетенций**

### **3.1. Оценка уровня сформированности компонентов компетенций**

При оценке уровня сформированности компетенций в рамках выборочного контроля при экзамене считается, что *полученная оценка за компонент проверяемой в билете компетенции обобщается на соответствующий компонент всех компетенций, формируемых в рамках данной учебной дисциплины.*

Типовые критерии и шкалы оценивания уровня сформированности компонентов компетенций приведены в общей части ФОС образовательной программы.

### **3.2. Оценка уровня сформированности компетенций**

Общая оценка уровня сформированности всех компетенций проводится путем агрегирования оценок, полученных студентом за каждый компонент формируемых компетенций, с учётом результатов текущего и рубежного контроля в виде интегральной оценки по 4-х балльной шкале. Все результаты контроля заносятся в

оценочный лист и заполняются преподавателем по итогам промежуточной аттестации.

Форма оценочного листа и требования к его заполнению приведены в общей части ФОС образовательной программы.

При формировании итоговой оценки промежуточной аттестации в виде экзамена используются типовые критерии, приведённые в общей части ФОС образовательной программы.

Пример билета для экзамена

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФГАОУ ВО  
«Пермский национальный  
исследовательский  
политехнический университет»  
(ПНИПУ)

15.04.02 «Технологические машины и  
оборудование»

Кафедра  
«Оборудование и автоматизация химических  
производств»

Дисциплина  
*Теоретические основы энерго- и ресурсосбережения  
в химической технологии*

БИЛЕТ № \_\_

1. Классификация и взаимосвязь потерь эксергии.
2. Утилизация тепла загрязнённых стоков.
3. Методы подавления образования оксидов азота при сжигании ВЭР.

Составитель \_\_\_\_\_ А.Г. Хлуденев  
(подпись)

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ Е.Р. Мошев  
(подпись)

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20 г.