

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

« 29 » августа 20 23 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина: Энергетические установки
(наименование)

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

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

Общая трудоёмкость: 108 (3)
(часы (ЗЕ))

Направление подготовки: 15.03.02 Технологические машины и оборудование
(код и наименование направления)

Направленность: Оборудование нефтегазопереработки (СУОС)
(наименование образовательной программы)

1. Общие положения

1.1. Цели и задачи дисциплины

Цель дисциплины – приобретение знаний по теоретическим основам, устройству и принципу действия паровых котлов и паровых турбин, умений производить теплотехнические расчеты котельного оборудования, определять оптимальные режимы его работы, формирование навыков расчета котельного оборудования.

Задачи:

- изучение теоретических основ, принципов действия, устройства, конструкционного исполнения и правил эксплуатации паровых котлов и турбин;
- формирование умения выполнять теплотехнический и конструкционный расчет паровых котлов, производить анализ влияния параметров пара на эффективность работы турбины;
- формирование навыков расчета котельного оборудования.

1.2. Изучаемые объекты дисциплины

- теоретические основы сжигания топлива;
- циклы паротурбинных установок;
- принципиальное устройство паровых котлов;
- конструкционное исполнение паровых турбин.

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-1.1	ИД-1ПК-1.1	Знает технические характеристики, конструкционные особенности, назначение, режимы работы и правила эксплуатации технологических машин и оборудования отрасли	Знает технические характеристики, конструктивные особенности, назначение, режимы работы и правила эксплуатации технологических машин и оборудования отрасли	Зачет

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-1.1	ИД-2ПК-1.1	Умеет выполнять расчёты параметров технологических машин и оборудования, осуществлять анализ причин отказов оборудования, разрабатывать мероприятия повышения надежности оборудования; проводить анализ нарушений правил технической эксплуатации оборудования	Умеет выполнять расчёты параметров технологических машин и оборудования, осуществлять анализ причин отказов оборудования, разрабатывать мероприятия повышения надежности оборудования; проводить анализ нарушений правил технической эксплуатации оборудования	Зачет
ПК-1.1	ИД-3ПК-1.1	Владеет навыками контроля технического состояния оборудования; обеспечения соблюдения правил, инструкций и технических условий при эксплуатации технологического оборудования	Владеет навыками контроля технического состояния оборудования; обеспечения соблюдения правил, инструкций и технических условий при эксплуатации технологического оборудования	Отчёт по практическом у занятию
ПК-1.2	ИД-1ПК-1.2	Знает технологические регламенты установок; технологические схемы установок; основное оборудование процесса, принципы его работы и правила технической эксплуатации; требования законодательных, нормативных правовых и локальных актов, инструкций, правил по промышленной и пожарной безопасности, охране труда;	Знает технологические регламенты установок; технологические схемы установок; основное оборудование процесса, принципы его работы и правила технической эксплуатации; требования законодательных, нормативных правовых и локальных актов, инструкций, правил по промышленной и пожарной безопасности, охране труда;	Зачет
ПК-1.2	ИД-2ПК-1.2	Умеет осуществлять надзор за безопасной эксплуатацией технологического оборудования; анализировать причины отказа работы технологического оборудования;	Умеет осуществлять надзор за безопасной эксплуатацией технологического оборудования; анализировать причины отказа работы технологического оборудования;	Отчёт по практическом у занятию
ПК-1.2	ИД-3ПК-1.2	Владеет навыками подготовки технической документации на	Владеет навыками подготовки технической документации на	Отчёт по практическом у занятию

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
		оборудование технологических объектов.	оборудование технологических объектов.	
ПК-2.1	ИД-1ПК-2.1	Знает основное оборудование, принципы его работы и правила технической эксплуатации; технологические схемы оборудования; технологические регламенты установок; законодательные и нормативно-правовые акты, регламентирующие производственную деятельность технологического объекта	Знает основное оборудование, принципы его работы и правила технической эксплуатации; технологические схемы оборудования; технологические регламенты установок; законодательные и нормативно-правовые акты, регламентирующие производственную деятельность технологического объекта	Зачет
ПК-2.1	ИД-2ПК-2.1	Умеет эффективно использовать оборудование технологического объекта, анализировать причины отказа работы технологического оборудования, разрабатывать план мероприятий по их предупреждению.	Умеет эффективно использовать оборудование технологического объекта, анализировать причины отказа работы технологического оборудования, разрабатывать план мероприятий по их предупреждению.	Отчёт по практическом у занятию
ПК-2.1	ИД-3ПК-2.1	Владеет навыками обеспечения выполнения требований по эксплуатации технологического оборудования в соответствии с технологическим регламентом; предупреждения и устранения нарушений хода производственного процесса, связанных с эксплуатацией технологического оборудования; обеспечение подготовки технической документации на оборудование технологических объектов	Владеет навыками обеспечения выполнения требований по эксплуатации технологического оборудования в соответствии с технологическим регламентом; предупреждения и устранения нарушений хода производственного процесса, связанных с эксплуатацией технологического оборудования; обеспечение подготовки технической документации на оборудование технологических объектов	Отчёт по практическом у занятию

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-3.3	ИД-1 ПК-3.3	Знает актуальную нормативную документацию в соответствующей области знаний; методы анализа научных данных; методы и средства планирования и организации исследований и разработок;	Знает актуальную нормативную документацию в соответствующей области знаний; методы анализа научных данных; методы и средства планирования и организации исследований и разработок;	Зачет
ПК-3.3	ИД-2 ПК-3.3	Умеет применять актуальную нормативную документацию в соответствующей области знаний; оформлять результаты научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ;	Умеет применять актуальную нормативную документацию в соответствующей области знаний; оформлять результаты научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ;	Отчёт по практическому занятию
ПК-3.3	ИД-3 ПК-3.3	Владеет навыками разработки чертёжной документации; работы с графическими редакторами; работы в интегрированных информационных системах;	Владеет навыками разработки чертёжной документации; работы с графическими редакторами; работы в интегрированных информационных системах; проведения экспериментальных работ; обработки результатов экспериментов.	Отчёт по практическому занятию

3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		8	
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	46	46	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	18	18	
- лабораторные работы (ЛР)			
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	24	24	
- контроль самостоятельной работы (КСР)	4	4	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	62	62	
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен			
Дифференцированный зачет			
Зачет	9	9	
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	108	108	

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
8-й семестр				
Введение	1	0	0	0
Понятие об энергетических установках. Предмет и задачи курса, цель изучения дисциплины. Структура энергетических установок. Принципиальная схема парогенераторной установки.				
Теоретические основы сжигания топлива	4	0	10	18
Тема 1. Топливо и его сжигание. Основные сведения о топливе. Виды топлива. Процессы горения топлива. Гомогенное горение. Особенности горения твердого и жидкого топлив. Тема 2. Расчеты горения топлива. Последовательность выполнения теплового расчета. Определение теоретического и действительного расходов воздуха. Состав и объем продуктов сжигания. Энтальпия продуктов сжигания. Калориметрическая температура горения топлива.				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Организация процесса горения топлива в топочной камере	4	0	6	18
Тема 3. Способы сжигания топлив. Слоевой, факельный и вихревой способы сжигания. Подготовка топлива для сжигания. Оптимальные условия сжигания топлива. Тема 4. Горелочные устройства для сжигания жидких и газообразных топлив. Механические форсунки, их устройство и принцип работы. Форсунки с паровым и воздушным распыливанием. Характерные зоны горения факела. Инжекционные, турбулентные и диффузионные горелки. Комбинированные газомазутные горелки. Газовые горелки. Тема 5. Основы расчета топочных камер. Действительная температура продуктов сгорания на выходе из топки. Тепловое напряжение топочного объема. Расчет теплообмена в топочных устройствах.				
Конструкции котельных агрегатов и паровых турбин.	8	0	8	26
Тема 6. Общие сведения о котельных агрегатах. Виды котельных агрегатов. Принципиальная схема котельной установки. Назначение и классификация котлоагрегатов. Барабанные котлы с естественной циркуляцией, с многократной принудительной циркуляцией и прямоточные котлы. Тема 7. Основные элементы котельного агрегата. Испарительные поверхности котла. Пароперегреватели радиационные и конвективные. Водяные экономайзеры и воздухоподогреватели. Каркас и обмуровка котла, тягодутьевые устройства. Расчет элементов котельного агрегата. Наружное загрязнение поверхностей нагрева и их очистка. Тема 8. Энергетический баланс котла, его тепловые потери и КПД. Схема и основное уравнение теплового баланса котла. КПД брутто и нетто. Тепловые потери в котельном агрегате. Оптимальный режим работы котла. Расход топлива. Тема 9. Циклы паротурбинных установок. Влияние параметров пара на КПД цикла Ренкина. Теплофикационный цикл. Конструктивное исполнение паровых турбин.				
Заключение	1	0	0	0
Краткий повторение пройденного материала.				
ИТОГО по 8-му семестру	18	0	24	62
ИТОГО по дисциплине	18	0	24	62

Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Органическое топливо, его характеристики. Определение состава топлива. Перерасчет рабочей массы топлива на горючую и сухую.
2	Расчет теплоты сгорания топлива, приведенной влажности, зольности. Условное топливо, его расчет. Определение калориметрической температуры сгорания мазута.
3	Классификация, устройство и принцип работы горелочных устройств для сжигания жидкого и газообразного, естественного и искусственного топлива. Расчет количества воздуха и дымовых газов.
4	Определение теплового напряжения топочного пространства и коэффициента полезного действия топки.
5	Расчет теплообмена в топочных устройствах. Расчет пароперегревателя, экономайзера и воздухоподогревателя.
6	Расчет дутьевых и тяговых устройств. Выбор нагнетателей и дымососов.
7	Составление теплового баланса котельного агрегата. Определение расхода топлива. Расчет потерь тепла.
8	Определение скоростей пара в каналах турбин.
9	Формирование типовых программ контроля теплоэнергетического оборудования
10	Формирование с помощью специализированного ПО заданий на контроль металла теплоэнергетического оборудования
11	Формирование с помощью специализированного ПО заданий на контроль металла динамического оборудования
12	Формирование с помощью специализированного ПО документации по результатам контроля металла оборудования.

5. Организационно-педагогические условия

5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при котором 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 установление 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 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
1. Основная литература		
1	Быстрицкий Г. Ф. Энергосиловое оборудование промышленных предприятий : учебное пособие для вузов / Г. Ф. Быстрицкий. - М.: Академия, 2008.	3
2	Быстрицкий Г. Ф. Энергосиловое оборудование промышленных предприятий : учебное пособие для вузов / Г. Ф. Быстрицкий. - Москва: Академия, 2006.	15
3	Сидельковский Л. Н. Котельные установки промышленных предприятий : учебник для вузов / Л. Н. Сидельковский, В. Н. Юренев. - Москва: БАСТЕТ, 2009.	5
4	Соколов Б.А. Котельные установки и их эксплуатация : учебное пособие для средних специальных учебных заведений / Б.А. Соколов. - М.: Academia, 2008.	10
2. Дополнительная литература		
2.1. Учебные и научные издания		
1	Панкратов Г.П. Сборник задач по теплотехнике : Учеб. пособие / Г.П.Панкратов. - Москва: Высш. шк., 1995.	21
2	Сборник задач по теплотехнике : учебное пособие для вузов / М. Г. Шатров [и др.]. - Москва: Академия, 2012.	7
3	Соколов Б. А. Паровые и водогрейные котлы малой и средней мощности : учебное пособие для вузов / Б. А. Соколов. - Москва: Академия, 2008.	4
4	Трухний А.Д. Теплофикационные паровые турбины и турбоустановки : учебное пособие для вузов / А.Д. Трухний, Б.В. Ломакин. - М.: Изд-во МЭИ, 2006.	3
2.2. Периодические издания		
1	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

2.3. Нормативно-технические издания		
	Не используется	
3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины		
	Не используется	
4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента		
	Не используется	

6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Основная литература	Быстрицкий Г. Ф. Энергосиловое оборудование промышленных предприятий : учебное пособие для вузов / Г. Ф. Быстрицкий. - М.: Академия, 2008.	http://elib.pstu.ru/Record/RUPSTUbooks127986	локальная сеть; свободный доступ
Основная литература	Сидельковский Л. Н. Котельные установки промышленных предприятий : учебник для вузов / Л. Н. Сидельковский, В. Н. Юренев. - Москва: БАСТЕТ, 2009.	http://elib.pstu.ru/Record/RUPSTUbooks141135	локальная сеть; свободный доступ

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

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	Windows 10 (подп. Azure Dev Tools for Teaching)
Офисные приложения.	Microsoft Office Professional 2007. лиц. 42661567
Прикладное программное обеспечение общего назначения	MATHCAD 14 Academic, ПНИПУ 2009 г.

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)	https://elibrary.ru/
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	http://lib.pstu.ru/
Электронно-библиотечная система Лань	https://e.lanbook.com/

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
Электронно-библиотечная система IPRbooks	http://www.iprbookshop.ru/
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	http://www.consultant.ru/
Информационно-справочная система нормативно-технической документации "Техэксперт: нормы, правила, стандарты и законодательства России"	https://техэксперт.сайт/

7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Лекция	Мультимедийная система, 11 столов, 21 стул	1
Практическое занятие	Компьютер со специализированным ПО	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
«Энергетические установки»
Приложение к рабочей программе дисциплины

Направление подготовки:	15.03.02 Технологические машины и оборудование
Направленность (профиль) образовательной программы:	Оборудование нефтегазопереработки
Квалификация выпускника:	«Бакалавр»
Выпускающая кафедра:	Оборудование и автоматизация химических производств
Форма обучения:	Очная
Курс: 4	Семестр: 8
Трудоёмкость:	
Кредитов по рабочему учебному плану:	3 ЗЕ
Часов по рабочему учебному плану:	108 ч.
Форма промежуточной аттестации:	
Зачёт:	8 семестр

Фонд оценочных средств (ФОС) для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине является частью (приложением) к рабочей программе дисциплины и разработан в соответствии с общей частью фонда оценочных средств для проведения промежуточной аттестации основной образовательной программы, которая устанавливает систему оценивания результатов указанной аттестации и критерии выставления оценок. Настоящий ФОС 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 (8-го семестра учебного плана) и разбито на 3 учебных модуля. В каждом модуле предусмотрены аудиторские лекционные и практические занятия, а также самостоятельная работа студентов. В рамках освоения учебного материала дисциплины формируются компоненты компетенций *знать, уметь, владеть*, указанные в РПД, и которые выступают в качестве контролируемых результатов обучения по дисциплине (табл. 1.1).

Контроль уровня усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений осуществляется в рамках текущего, рубежного и промежуточного контроля при изучении теоретического материала, при выполнении практических заданий и Зачёта. Виды контроля сведены в таблицу 1.1.

Таблица 1.1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине

Контролируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУВы)	Вид контроля			
	Текущий		Рубежный	Промежуточный
	ТО	ТКР	РКР	Зачёт
Усвоенные знания				
З.1 знать теоретические основы сжигания органического топлива; оптимальные условия сжигания топлива;	ТО	ТКР1	РКР1	ТВ
З.2 знать циклы паротурбинных установок; влияние различных факторов на КПД цикла Ренкина;	ТО			ТВ
З.3 знать устройства для создания горючих смесей;	ТО			ТВ
З.4 знать типы паровых котлов, их компоновку и принципиальное устройство;	ТО			ТВ
З.5 знать методы расчета оборудования котельных агрегатов;		ТКР2		
З.6 знать принципиальное устройство паровых турбин.				ТВ
Освоенные умения				
У.1 уметь выполнять расчёт котельного оборудования;		ТКР2		
У.2 уметь составлять тепловые балансы, определять расход топлива, воздуха и топочных газов;		ТКР2	РКР2	ПЗ
У.3 уметь производить выбор устройств для оптимального сжигания топлива;				ПЗ
У.4 уметь пользоваться технической и нормативной документацией.				ПЗ
Приобретённые владения				
В.1 владеть специальной терминологией и лексикой;				
В.2 владеть навыками составления теплового баланса, определения оптимального расхода воздуха, топлива и топочных газов;		ТКР2	РКР2	КЗ
В.3 владеть навыками расчета оборудования котельного агрегата.		ТКР2		

С – собеседование по теме; *ТО* – теоретический опрос; *РТ/РКР* – рубежное тестирование (контрольная работа); *ТВ* – теоретический вопрос; *ПЗ* – практическое задание; *КЗ* – комплексное задание экзамена.

Итоговой оценкой достижения результатов обучения по дисциплине является промежуточная аттестация в виде Зачёта, проводимая с учётом 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 обучающихся, повышение мотивации к учебе 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 обучающегося 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 обучающимися отдельных компонентов «знать», «уметь» заданных компетенций путем компьютерного или бланочного тестирования, контрольных опросов, контрольных работ (индивидуальных домашних заданий), защиты отчетов 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 выборочного опроса и текущих контрольных работ проводится по каждой теме. Результаты по 4-балльной шкале оценивания заносятся в книжку преподавателя и учитываются в виде интегральной оценки при проведении промежуточной аттестации.

Типовые задания текущей контрольной работы:

1. Определить низшую и высшую теплоту сгорания рабочей массы угля следующего состава: $C^p = 37,3\%$, $H^p = 2,8\%$, $S_r^p = 1,0\%$, $N^p = 0,9\%$, $O^p = 10,5\%$, $A^p = 29,5\%$, $W^p = 18,0\%$.

2. Определить объем воздуха, необходимый для сжигания $2000 \text{ м}^3/\text{ч}$ природного газа следующего состава: $CO_2 = 0,5\%$, $CH_4 = 92,8\%$, $C_2H_6 = 2,8\%$, $C_3H_8 = 0,9\%$, $C_4H_{10} = 0,4\%$, $C_5H_{12} = 0,1\%$, $N_2 = 2,5\%$. Коэффициент избытка воздуха в топке составляет 1,15.

2.2 Рубежный контроль

Рубежный контроль для комплексного оценивания усвоенных знаний, освоенных умений и приобретенных владений дисциплинарных частей компетенций (табл. 1.1) проводится согласно графика учебного процесса, приведенного в РПД, в форме контрольных работ (после изучения каждого модуля учебной дисциплины).

Согласно РПД запланировано 2 контрольных работы (РКР) после освоения студентами учебных модулей дисциплины. Первая контрольная работа – по модулю 1 «Сжигание топлива в топочной камере», вторая контрольная – по модулю 2 «Котельные установки».

Типовые задания контрольной работы РКР1:

1. Определить на выходе из топки объем продуктов полного сгорания 1 кг угля состава: $C^p = 54,7\%$, $H^p = 3,3\%$, $S_{л}^p = 0,8\%$, $N^p = 0,8\%$, $O^p = 4,8\%$, $A^p = 27,6\%$, $W^p = 8,0\%$. Коэффициент избытка воздуха в топке составляет 1,3.

2. Определить энтальпию продуктов сгорания на выходе из топки, получаемых при полном сгорании 100 м³ природного газа состава: $CO_2 = 0,4\%$, $CH_4 = 94,0\%$, $C_2H_6 = 2,8\%$, $C_3H_8 = 0,4\%$, $C_4H_{10} = 0,3\%$, $C_5H_{12} = 0,1\%$, $N_2 = 2,0\%$, если температура газов на выходе из топки составляет 1000 °С. Коэффициент избытка воздуха в топке равен 1,1.

Типовые задания второй контрольной работы:

1. Определить теплоту, полезно использованную в котельном агрегате паропроизводительностью 5,45 кг/с, если натуральный расход топлива $B = 0,64$ кг/с, давление перегретого пара 275 °С, температура питательной воды 100 °С, величина непрерывной продувки 3 %.

2. В топке котла сжигается мазут состава: $C^p = 84,65\%$, $H^p = 11,7\%$, $S_{л}^p = 0,3\%$, $O^p = 0,3\%$, $A^p = 0,05\%$, $W^p = 3,0\%$. Определить располагаемую теплоту, если температура подогрева мазута 93 °С и энтальпия пара, идущего на распыливание топлива форсунками, равна 3280 кДж/кг.

2.3. Выполнение комплексного индивидуального задания на самостоятельную работу

Для оценивания навыков и опыта деятельности (владения), как результата обучения по дисциплине, не имеющей курсового проекта или работы, используется индивидуальное комплексное задание студенту.

Типовые шкала и критерии оценки результатов защиты индивидуального комплексного задания приведены в общей части ФОС образовательной программы.

2.4. Промежуточная аттестация (итоговый контроль)

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего и рубежного контроля. Условиями допуска является положительная интегральная оценка по результатам текущего и рубежного контроля.

2.4.1. Процедура промежуточной аттестации без дополнительного аттестационного испытания

Промежуточная аттестация проводится в форме Зачёта. Зачёт по дисциплине основывается на результатах выполнения предыдущих индивидуальных заданий студента по данной дисциплине.

Критерии выведения итоговой оценки за компоненты компетенций при проведении промежуточной аттестации в виде Зачёта приведены в общей части ФОС образовательной программы.

2.4.2. Процедура промежуточной аттестации с проведением аттестационного испытания

В отдельных случаях промежуточная аттестация в виде Зачёта по дисциплине может проводиться с проведением аттестационного испытания по билетам. Билет содержит теоретические вопросы (ТВ) для проверки усвоенных знаний,

практические задания (ПЗ) для проверки освоенных 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.

2.4.2.1. Типовые вопросы и задания для Зачёта по дисциплине

Типовые вопросы для контроля усвоенных знаний:

1. Химизм и механизм горения газообразного топлива.
2. Особенности горения твердого и жидкого топлив.
3. Преобразование энергии в ступени турбины.
4. Проскок пламени в горелку, отрыв пламени, пределы устойчивой работы горелки.
5. Характерные зоны горения факела.

Типовые вопросы и практические задания для контроля освоенных умений:

1. Определение теоретического и действительного расходов воздуха.
2. Расчет количества продуктов горения газового топлива.
3. Организация сжигания газового топлива. Факторы, определяющие размеры факела.
4. Характеристики мазута, схема мазутного пламени.
5. Регулирование температуры перегретого пара.

Типовые комплексные задания для контроля приобретенных владений:

1. Оценить влияние параметров пара на цикл паротурбинной установки.
2. Составить материальный баланс парового котла.
3. Составить тепловой баланс котла.
4. Указать мероприятия по обеспечению устойчивой работы газовых горелок.
5. Изобразить основные схемы получения пара.

2.4.2.2. Шкалы оценивания результатов обучения на Зачёте

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

Типовые шкала и критерии оценки результатов обучения при сдаче Зачёта 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 дисциплинарных компетенций в рамках выборочного контроля при Зачёте считается, что *полученная оценка за компонент проверяемой в билете компетенции обобщается на соответствующий компонент всех компетенций, формируемых в рамках данной учебной дисциплины.*

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 четырех балльной шкале. Все результаты контроля за-

носятся 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 Зачёта используются типовые критерии, приведенные в общей части ФОС образовательной программы. Пример билета для зачёта приведён в Приложении 1.

Приложение 1 – Типовая форма билета

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

15.03.02 Технологические машины и
оборудование
Оборудование нефтегазопереработки
Кафедра «Оборудование и
автоматизация химических
производств»

БИЛЕТ № __

1. Горение газообразного топлива: химизм и механизм горения, концентрационные пределы взрываемости (*контроль знаний*).
2. Расчет теоретического и действительного расходов воздуха для горения жидкого топлива (*контроль умений*).
3. Влияние параметров пара на КПД цикла Ренкина (*контроль умений и владений*).

Составил _____ В.Д. Белов
(подпись)

Заведующий кафедрой _____ Е.Р. Мошев
(подпись)

« ____ » _____ 20__ г.