МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(КазГАСУ)

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
_____ И.Э.Вильданов
"__" _____ 2018 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.ДВ.07.01 Процессы и аппараты газоочистки

Направление подготовки

08.03.01 Строительство

Направленность (профиль)

Теплогазоснабжение и вентиляция

Квалификация выпускника
бакалавр

Форма обучения
заочная

Год набора 2014

Кафедра
теплоэнергетики, газоснабжения и вентиляции

г. Казань - 2018 г.

Рабочая программа разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 08.03.01 Строительство (уровень бакалавриата), утвержденным приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от *"12" марта 2015г. № 201* и рабочим учебным планом КазГАСУ.

Разработал:
Доцент кафедры теплоэнергетики,
газоснабжения и вентиляции
д.т.н., доц., Зиганшин М.Г.

Рассмотрена и одобрена на заседании
кафедры теплоэнергетики, газоснабжения
и вентиляции
"04" 06 2018 г.
Протокол № 9
Заведующий кафедрой
_____ /*Садыков Р.А.*/
(подпись)

СОГЛАСОВАНО:

Председатель методической комиссии
Института строительных технологий и
инженерно-экологических систем
"20" 06 2018 г.
Протокол № 5
_____ /*Солдатов Д.А.*/
(подпись)

Руководитель ОПОП
_____ /*Ахмерова Г.М.*/
(подпись)

Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина **«Процессы и аппараты газоочистки»** *место дисциплины – дисциплины по выбору* *Блока 1. Дисциплины (модули)* *трудоемкость - 6 ЗЕ/ 216 часов (9 сем)* *форма промежуточной аттестации – экзамен, курсовой проект (9сем)*	
Цель освоения дисциплины	Формирование у обучающихся компетенций в области выбора эффективных решений по очистке газовых выбросов и проектирования систем газоочистки.
Компетенции, формируемые в результате освоения дисциплины	Способность выявить естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлечь их для решения соответствующий физико-математический аппарат **(ОПК-2)** Владеть методами проведения инженерных изысканий, технологией проектирования деталей и конструкций в соответствии с техническим заданием с использованием универсальных и специализированных программно-вычислительных комплексов и систем автоматизированных проектирования **(ПК-2)**. Способность проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных решений, разрабатывать проектную и рабочую техническую документацию, оформлять законченные проектно-конструкторские работы, контролировать соответствие разрабатываемых проектов и технической документации заданию, стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам **(ПК-3)**. Владеть технологией, методами доводки и освоения технологических процессов строительного производства, эксплуатации, обслуживания зданий, сооружений, инженерных систем, производства строительных материалов, изделий и конструкций, машин и оборудования **(ПК-8)**. Знать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по профилю деятельности **(ПК-13)**
Знания, умения и навыки, получаемые в процессе освоения дисциплины	Знать: - основные положения курсов естественнонаучных, общетехнических и профессиональных дисциплин; - основные методы проектирования систем газоочистки с использованием универсальных и специализированных программно-вычислительных комплексов и систем автоматизированного проектирования; - основные нормативные документы регламентирующие проектирование и оформление проектной документации по системам газоочистки; - основные технологические процессы, методы пуско-наладки и обслуживания типового оборудования систем газоочистки; - основные конструктивные решения и наилучшие доступные технологии систем газоочистки, в соответствии с отечественным и зарубежным опытом. Уметь: - проводить формализацию реальной проблемы очистки выбросов с целью обеспечения возможности применения к ней физико-химических и математических методов научного анализа поставленной задачи; - использовать универсальные и специализированные программно-вычислительные комплексы и системы автоматизированного проектирования; - разрабатывать и оформлять проектную документацию по системам газо-

	очистки; - разрабатывать и оформлять документацию по пуско-наладочным испытаниям и эксплуатации типового оборудования систем газоочистки; - находить достоверную научно-техническую информацию по современным системам газоочистки. Владеть: - навыком использования физико-химических и математических методов научного анализа и экспериментального исследования для решения поставленных задач разработки системы газоочистки (СГО) производственного объекта; - основными навыками работы с универсальным и специализированным программно-вычислительными комплексами и системами автоматизированного проектирования; - основными положениями нормативных документов, регламентирующих проектирование и оформление проектной документации по системам газоочистки; - основными положениями нормативной документации по проведению пуско-наладочных работ и по эксплуатации типового оборудования систем газоочистки; - навыком постоянного отслеживания прогресса в современных системах газоочистки на основе отечественного и зарубежного опыта.
Краткая характеристика дисциплины (основные блоки и темы)	Раздел 1 Характеристики выбросов и загрязнителей *Тема 1:* Введение. Основные характеристики и способы очистки гетерогенных и гомогенных загрязнителей. Раздел 2 Осаждение взвешенных частиц гетерогенных выбросов *Тема 2:* Движение частиц под действием сил тяжести и инерции. *Тема 3:* Фильтрация аэрозолей. Осаждение частиц при обтекании препятствий. *Тема 4:* Осаждение аэрозолей жидкостями. Раздел 3 Основы процессов сорбции в двухфазных системах *Тема 5:* Общие сведения. Параметры процесса растворения газов в жидкостях. *Тема 6* Взаимодействие газов с поверхностью твердых тел. *Тема 7* Модели химической и физической адсорбции. Раздел 4 Термоокисление газов и паров *Тема 9:* Кинетика процессов горения углеводородов по Н.Н. Семенову *Тема 10:* Горение с участием соединений фосфора, серы, галогенов, металлов Раздел 5 Очистка выбросов от дисперсных загрязнителей *Тема 11:* Классификация пылеулавливающих устройств. Аппараты сухой и мокрой очистки. Рукавные фильтры. *Тема12:* Электрофильтры. Устройство пылегазопроводов. Удаление уловленной пыли. Раздел 6 Очистка выбросов от газообразных загрязнителей *Тема 13:* Способы обезвреживания газовых выбросов. Конденсация. Абсорбция. *Тема 14:* Обработка отбросных газов адсорбцией. *Тема15:* Термообработка отбросных газов.

ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины «Процессы и аппараты газоочистки» является формирование у обучающихся компетенций в области выбора эффективных решений по очистке газовых выбросов и проектирования систем газоочистки.

Задачи дисциплины «Процессы и аппараты газоочистки»

- изучение конструктивных особенностей газоочистных систем и их элементов, овладение методами их расчѐта;
- приобретение студентом навыков проектной работы, умения обосновывать и принимать решения по газоочистке, оптимальные технически, энергетически и экологически, в увязке со строительными особенностями зданий, сооружений и технологических процессов как источников загрязнения;
- овладение приемами оценки экономической, энергетической и экологической эффективности, знакомство с методами оценки инвестиционных и экологических рисков принятых решений.

1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

В результате освоения основной профессиональной образовательной программы высшего образования (далее – ОПОП ВО) бакалавриата по направлению подготовки 08.03.01 Строительство, направленность (профиль) Теплогазоснабжение и вентиляция обучающийся должен овладеть следующими результатами по дисциплине «Процессы и аппараты газоочистки»

Таблица 1.1. Карта формирования компетенций по дисциплине

Код компетенции	Результаты освоения ОПОП *Содержание компетенции**	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
ОПК-2	способность выявить естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлечь для их решения соответствующий физико-математический аппарат	знать основные положения курсов естественнонаучных, общетехнических и профессиональных дисциплин:
		уметь проводить формализацию реальной проблемы очистки выбросов с целью обеспечения возможности применения к ней физико-химических и математических методов научного анализа поставленной задачи
		владеть навыком использования физико-химических и математических методов научного анализа и экспериментального исследования для решения поставленных задач разработки системы газоочистки (СГО) производственного объекта
ПК-2	Владение методами проведения инженерных изысканий, технологией проектирования деталей и конструкций в соответствии с техническим заданием с использованием универсальных и специализированных программно-вычислительных комплексов и систем автоматизированного проектирования	Знать: основные методы проектирования систем газоочистки с использованием универсальных и специализированных программно-вычислительных комплексов и систем автоматизированного проектирования.
		Уметь: использовать универсальные и специализированные программно-вычислительные комплексы и системы автоматизированного проектирования.
		Владеть: основными навыками работы с универсальным и специализированным программно-вычислительными комплексами и системами автоматизированного проектирования.

ПК-3	Способность проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных решений, разрабатывать проектную и рабочую техническую документацию, оформлять законченные проектно-конструкторские работы, контролировать соответствие разрабатываемых проектов и технической документации заданию, стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам	Знать: основные нормативные документы регламентирующие проектирование и оформление проектной документации по системам газоочистки.
		Уметь: разрабатывать и оформлять проектную документацию по системам газоочистки.
		Владеть: основными положениями нормативных документов, регламентирующих проектирование и оформление проектной документации по системам газоочистки.
ПК-8	владение технологией, методами доводки и освоения технологических процессов строительного производства, эксплуатации, обслуживания зданий, сооружений, инженерных систем, производства строительных материалов, изделий и конструкций, машин и оборудования	Знать основные технологические процессы, методы пуско-наладки и обслуживания типового оборудования систем газоочистки.
		Уметь разрабатывать и оформлять документацию по пуско-наладочным испытаниям и эксплуатации типового оборудования систем газоочистки
		Владеть основными положениями нормативной документации по проведению пуско-наладочных работ и по эксплуатации типового оборудования систем газоочистки
ПК-13	знание научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по профилю деятельности	Знать основные конструктивные решения и наилучшие доступные технологии систем газоочистки, в соответствии с отечественным и зарубежным опытом.
		Уметь находить достоверную научно-техническую информацию по современным системам газоочистки
		Владеть навыком постоянного отслеживания прогресса в современных системах газоочистки на основе отечественного и зарубежного опыта

– формулировка компетенции приводится в соответствии со стандартом

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП

Дисциплина «Процессы и аппараты газоочистки» относится к разделу дисциплин по выбору вариативной части Блока 1 «Дисциплины (модули)» рабочего учебного плана.

Для освоения данной дисциплины необходимы умения, знания и навыки, формируемые предшествующими дисциплинами: «Теплотехника, теплогазоснабжение и вентиляция»; «Основы метрологии, стандартизации, сертификации и контроля качества»; «Насосы, вентиляторы и компрессоры в системах ТГВ».

Дисциплина является предшествующей и необходима для успешного освоения последующих дисциплин «Промышленная безопасность систем ТГВ»; для проведения следующих практик «Преддипломная практика», подготовки выпускной квалификационной работы бакалавра.

Изучается в 9 семестре на 5 курсе при заочной форме обучения.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Распределение фонда времени по семестрам и видам занятий, а также часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся в соответствии с рабочим учебным планом представлено в таблице 3.1

Таблица 3.1. Объем дисциплины по видам учебной работы (в академ.часах)

Вид учебной работы		Трудоемкость, академ. часы					
					Заочная форма		
					Распределение часов	Семестр 9	Объем контактной работы
Аудиторные занятия (всего) в том числе занятия лекционного и семинарского типов:					**42**	**42**	**42**
- лекции (**Л**)					20	20	20
- лабораторные занятия (**ЛЗ**)					8	8	8
- практические занятия (**ПЗ**)					14	14	14
Самостоятельная работа (всего), в том числе:					**174**	**174**	**4**
- по разделу "К – курсовые работы, проекты"					**36**	**36**	
- выполнение курсового проекта (**КП**)					36	**36**	**2**
- по разделу "Р– индивидуальная работа"					**16**	**16**	
- выполнение коллоквиума (**Кл.**)					9	1/9	
- выполнение контрольной работы (**Кр.**)					7	1/7	
- по разделу "Т– текущая работа"					**122**	**122**	**1**
- проработка и повторение лекционного материала, -самостоятельное изучение разделов; - подготовка к практическим занятиям; - подготовка отчетов по лабораторным работам;					**86**	**86**	
- подготовка к экзамену					36	36	**1**
Вид промежуточной аттестации (зачет, экзамен)					Экз.	**Экз.**	
Общая трудоёмкость дисциплины	академические часы				**216**	**216**	**46**
	зачётные единицы				**6**	**6**	

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Содержание дисциплины структурируется по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий для заочной формы обучения.

Таблица 4.1 Содержание занятий лекционного типа (лекции) для заочной формы обучения

9 семестр

Наименование темы лекционного занятия, краткое содержание *(Подразделы темы соответствуют экзаменационным вопросам)*	Объем, акад. часы, для формы обучения	
		Заочной
1		2
Раздел 1 Характеристики выбросов и загрязнителей		
Тема 1: Введение. Термодинамические параметры состояния, основные характеристики и способы очистки гетерогенных и гомогенных загрязнителей. Физико-химические процессы, происходящие при пылеулавливании и газоочистке. Молекулярная и турбулентная диффузия. Уравнения массоотдачи и массопередачи. Свойства аэродисперсных систем. Силы, действующие на частицу в однородном турбулентном потоке газа. Характеристики и модели турбулентности в численных и опытных исследованиях.		2
Раздел 2 Осаждение взвешенных частиц гетерогенных выбросов		
Тема 2: Формула Стокса. Движение частиц под действием сил тяжести и инерции. Время релаксации. Приближенный метод вычисления скорости и траектории частиц. Безразмерные характеристики движения частиц..Осаждение взвеси в каналах. Эффективность осаждения частиц в прямых каналах. Движение и осаждение частиц в кольцевом канале (в циклоне). Исходные положения и модели. Распределение скоростей и давлений в поперечном и продольном сечениях циклона. Зона обратных токов.		
Тема 3: Фильтрация аэрозолей. Осаждение частиц при обтекании препятствий. Режимы обтекания. Инерционное осаждение и критическое число Стокса. Осаждение вследствие касания (зацепления) и диффузионное осаждение. Суммарный эффект. Характеристики и структуры пористых фильтров. . Учет удержания осажденных частиц на на одиночном цилиндре. Модели фильтрации. Эффект электрической зарядки волокон и частиц при фильтрации. Ионизация газов. Характеристики коронного разряда. Способы зарядки частиц аэрозоля в электрофильтрах. Движение заряженных частиц в электрическом поле. Формула Дойча.		2
Тема 4: Осаждение аэрозолей жидкостями. Внутренняя энергия многофазной системы. Поверхностная энергия взвешенной частицы. Поверхностное натяжение. Уравнение Лапласа. Природа сил адгезии. Закон сохранения энергии при адгезии. Уравнение Дюпре. Силы адгезии при отрыве слоя осажденных частиц. Смачиваемость частиц. Осаждение частиц на пленку жидкости. Постановка задачи. Условие захвата частицы каплей. Осаждение частиц при барботаже. Осаждение частиц на каплях при распылении жидкости.		
Раздел 3 Основы процессов сорбции в двухфазных системах		

Тема 5: Общие сведения. Параметры процесса растворения. Концентрации растворов. Разбавленный раствор как модель идеального раствора. Законы равновесия фаз Рауля и Генри. Движущая сила и направление массопередачи. Молекулярная диффузия. Закон Фика. Дифференциальное уравнение конвективной диффузии. Схемы движения фаз в абсорбере. Средние движущие силы. Коэффициенты массопередачи и массоотдачи. Материальный баланс и рабочая линия массопередачи. Фактор массопередачи и коэффициент распределения. Число и высота единиц переноса.		2
Тема 6 Взаимодействие газов с поверхностью твердых тел. Термодинамические расчеты в межфазовом слое по Гиббсу. Изотермы сорбции. Эмпирическое уравнение Фрейндлиха. Теория Лэнгмюра. Типы изотерм сорбции. Полимолекулярная адсорбция по теории Брунауэра, Эммета и Теллера (теория БЭТ) и границы ее применимости. Понятие об электронной структуре твердого вещества. Модели электронной структуры поверхности по Лэнгмюру. Псевдопотенциал и физико- химические свойства вещества. Модель образования поверхности. Энергия молекулы в приповерхностном слое и объеме. Силы взаимодействия между поверхностью и молекулой. Исходная модель. Силы Ван-дер-Ваальса. Потенциальная энергия диполя. Расчеты парных сил при адсорбции. Потенциалы Леннарда-Джонса и Бакингхема. Учет классических электростатических сил.		2
Тема 7 Модели химической и физической адсорбции. Поверхностная химическая связь. Понятие о квантовании энергии электрона. Математическая модель электронных состояний. Уравнение Шрёдингера. Математические формы волновых функций. Принципы решения уравнения Шрёдингера для молекулярных орбиталей. Принцип суперпозиции. Одноэлектронное приближение. Приближение МОЛКАО. Простые и усовершенствованные методы расчетов МО. Уравнения Хартри-Фока. Методы решения уравнения Шредингера для хемосорбированных систем. Простые эмпирические и неэмпирические вариационные методы. Метод координационных взаимодействий. Недостатки приближенных моделей. Проявления неучтенных взаимодействий в реальных системах.		2
Раздел 4 Термоокисление газов и паров		
Тема 8: Схемы сжигания токсичных примесей газовых выбросов. Использование отбросных газов в качестве воздуха для горения. Зависимость характеристик горения от концентрации примесей. Стехиометрическое уравнение горения кислородсодержащих органических соединений. Суммарная теплота сгорания топлива и токсичных компонентов, подаваемых с воздухом. Теоретические расходы воздуха и объемы продуктов сгорания, калориметрическая температура и пределы воспламенения при использовании отбросных газов в качестве воздуха для горения.		2
Тема 9: Кинетика процессов горения углеводородов по Н.Н. Семенову. Совместное сжигание оксида углерода и углеводородов. Условия равновесия и обратимости реакции оксида углерода с гидроксилом. Ингибирование стадии догорания оксида углерода при его совместном сжигании с углеводородами. Влияние завышенных концентраций оксида углерода на завершение процессов окисления углеводородов.		
Тема 10: Горение с участием соединений фосфора. Работы акад. Н.Н. Семенова. Механизм окисления фосфора. Переход активированного комплекса из возбужденного в основное состояние. Окисление фосфина и фосфорорганических соединений. Промежуточные и конечные продукты. Кинетика реакций		2

хлора в углеводородном пламени. Реакции с участием кислорода. Образование фосгена. Реакции соединений серы. Окисление бисульфида и оксисульфида углерода. Окисление соединений азота. Горение конденсированных систем, металлов и их соединений. Ингибирующее воздействие соединений фосфора на углеводородное пламя.		
Раздел 5 Очистка выбросов от дисперсных загрязнителей		2
Тема 11: Классификация пылеулавливающих устройств. Оценка эффективности систем пылеулавливания. Полный и фракционный коэффициенты очистки. Пылеосадительные камеры. Предварительное осаждение частиц жалюзийными пыле- и золоуловителями. Конструкции и принцип расчета циклонов. Батарейные циклоны. Аппараты мокрой очистки. Полые газопромыватели. Пенные аппараты. Промыватели ударно-инерционного типа. Промыватели центробежного действия. Циклон с водяной пленкой. Центробежный скруббер ВТИ. Скрубберы Вентури. Сепарация капель в мокрых пылеуловителях. Фильтры.		
Тема12: Электрофильтры. Область применения. Типы и конструктивные элементы электрофильтров. Технические характеристики электрофильтров. Принципы расчета и подбор электрофильтров. Вспомогательные устройства систем пыле- и золоулавливания. Тягодутьевое оборудование. Конструктивные элементы пылегазопроводов. Удаление уловленной пыли.		
Раздел 6 Очистка выбросов от газообразных загрязнителей		2
Тема 13: Способы обезвреживания газовых выбросов. Конденсация токсичных газов и паров. Область применения. Типы, конструкции и принципы расчета конденсационных аппаратов. Обработка отбросных газов абсорбцией. Область применения. Конструкции абсорберов. Степень очистки. Принципы расчетов абсорбционных аппаратов.		
Тема 14: Обработка отбросных газов адсорбцией. Область применения. Виды промышленных адсорбентов, их преимущества и недостатки, принципы подбора. Типы адсорберов. Адсорберы периодического и непрерывного действия. Адсорберы с неподвижным слоем адсорбента. Адсорберы с псевдоожиженным и фонтанирующим адсорбентом. Принципы расчета адсорберов с неподвижным и подвижным слоем адсорбента. Процессы хемосорбции. Область применения, аппаратурное оформление и особенности расчета.		
Тема15: Термообработка отбросных газов. Область применения. параметры, определяющие полноту обезвреживания. Выбор температурного уровня процесса. Время пребывания в зоне высоких температур. Конструктивные элементы горелочных и топочных устройств. Принципы расчета установок термообезвреживания. Термокаталитическое окисление. Область применения. Температурный уровень процесса. Параметры, характеризующие полноту обезвреживания. Конструкции аппаратов и принципы их расчета. Способы контроля качества обезвреживания		2
ИТОГО		20

Таблица 4.2. Лабораторные занятия для заочной формы обучения

Номер раздела (темы)	Наименование лабораторных работ	Объем, акад.часы

Раздел 1, тема 1	ЛЗ 1 Исследование дисперсного состава пыли струйным импактором. Подготовка импактора к работе. Выполнение замеров и обработка результатов исследований.	2
Раздел 2, тема 2	ЛЗ 2 Испытание циклона. Определение расхода и сопротивления. Обработка результатов исследований.	2
Раздел 5, тема 11	ЛЗ 3 Испытание фильтра с пористым слоем. Подготовка материала и наладка установки. Выполнение замеров и обработка результатов исследований.	2
Раздел 5, тема 14	ЛЗ 7 Испытание адсорбера. Подготовка материала и наладка установки. Выполнение замеров и обработка результатов исследований	2
	ИТОГО	8

Таблица 4.3. Практические занятия для заочной формы обучения

Номер раздела (темы)	Тема и содержание практического занятия	Объем, акад. часы
Раздел 1, тема 1	ПЗ 1 Ручное и компьютерное построение линии дисперсного состава пыли на вероятностно-логарифмической сетке	2
Раздел 2, тема 2	ПЗ 2 Расчеты гравитационной седиментации	2
Раздел 5, тема 11	ПЗ 3 Определение параметров совместной обработки выбросов жалюзийным золоуловителем и циклоном	2
Раздел 5, тема 11	ПЗ 4 Определение фракционного и полного коэффициентов очистки выбросов и подбор типоразмера батарейного циклона	2
Раздел 5, тема 11	ПЗ 5 Расчет параметров очистной обработки гетерогенных выбросов в пенном аппарате	2
Раздел 5, тема 11	ПЗ 3 Расчет параметров и подбор мокрого пылеуловителя ударно-инерционного действия. Определение коэффициента очистки гетерогенных выбросов в скруббере Вентури энергетическим и вероятностным методом	2
Раздел 5, тема 12	ПЗ 4 Определение параметров очистной обработки выбросов рукавным фильтром и электрофильтром	2
	ИТОГО	14

Таблица 4.4. Самостоятельная работа студента для заочной формы обучения

Номер раздела (темы)	Вид самостоятельной работы студента	Название (содержание работы)	Объем, акад. часы
	по разделу "К – курсовые работы, проекты"		**36**
Раздел 5, темы лекций 11-15	Курсовой проект	**"Очистка выбросов промышленного предприятия";** **"Очистка выбросов энергетического объекта"** **Согласно с индивидуальным заданием:** 1. Расчеты аппаратов предварительной ступени	36

		очистки газовых выбросов 2. Расчеты аппаратов окончательной ступени очистки газовых выбросов 3.Разработка графической части проекта 4. Составление пояснительной записки	
	по разделу "Р – индивидуальная работа"		**16**
Разделы 3, 4, темы лекций 5-10	**Коллоквиум**	**В соответствии с вопросами по темам лекций 5…10**	9
Разделы 1, 2, темы лекций 1-4	**Контрольная работа**	Задания для контрольной работы по теме (разделу): Характеристики выбросов и загрязнителей. Свойства аэродисперсных систем. Осаждение взвешенных частиц гетерогенных выбросов в прямых и кольцевых каналах. Фильтрация аэрозолей. Режимы обтекания и критическое число Стокса. Зарядка частиц аэрозоля в электрофильтрах. Осаждение аэрозолей жидкостями.	7
	по разделу "Т – текущая работа"		**122**
Все разделы	проработка и повторение лекционного материала	закрепление теоретического материала лекционных занятий	**5**
Все разделы	самостоятельное изучение разделов	самостоятельное изучение литературы, поиск и сбор информации по дисциплине в периодических и интернет-изданиях, на официальных сайтах производителей оборудования	**68**
Разделы 1, 2, 5	подготовка к практическим занятиям	выполнение домашних заданий	**6**
Разделы 1, 2, 5	подготовка отчетов по лабораторным работам	обработка опытных данных, подготовка к сдаче лабораторной работы	**7**
Все разделы	подготовка к экзамену	повторение и закрепление изученного материала	**36**
	ИТОГО		**174**

5. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

5.1. Виды и формы контроля по дисциплине

Контроль уровня усвоенных знаний, освоенных умений и приобретенных навыков (владений) осуществляется в рамках текущего и промежуточного контроля в соответствии с Положением о текущем контроле и промежуточной аттестации обучающихся в КГАСУ.

Текущий контроль освоения компетенций по дисциплине проводится при выполнении заданий на практических занятиях, сдаче отчетов по лабораторным работам в форме контрольных работ по темам практических занятий, отчетов по лабораторным работам. Текущему кон-

тролю подлежит посещаемость студентами аудиторных занятий и работа на занятиях.

Итоговой оценкой освоения дисциплинарных компетенций (результатов обучения по дисциплине) является промежуточная аттестация в форме экзамена и зачета по КР в 9 семестре на 5 курсе при заочной форме обучения, проводимые с учетом результатов текущего контроля.

Таблица 5.1. Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства	
			наименование оценочного средства*	Количество заданий или вариантов
1	Раздел 1	ОПК-2, ПК-8	Кр	В соответствии с численностью группы (потока)
2	Раздел 2	ОПК-2, ПК-8	Кр	
3	Раздел 3	ОПК-2, ПК-8	Кл	
4	Раздел 4	ОПК-2, ПК-3, ПК-8	Кл	
5	Раздел 5	ПК-2, ПК-3, ПК-13	КП	
6	Раздел 6	ПК-2, ПК-3, ПК-8, ПК-13	Экзамен	
7	Все разделы	ОПК-2, ПК-2, ПК-3, ПК-8,ПК-13	Экзамен	

* Примечание: Кр – контрольная работа, Кл – коллоквиум, КП – курсовой проект.

5.2. Типовые задания и материалы для оценки сформированности компетенций в процессе освоения дисциплины

5.2.1. Оценочные средства для проведения текущей аттестации

Варианты заданий для контрольной работы Кр (по разделам 1,2; темы 1-4)

1. Описать состав и основные характеристики гомогенных и гетерогенных выбросов.
2. Представить поверхности агрегатных состояний индивидуальных веществ и смесей.
3. Описать основные способы очистки гомогенных и гетерогенных выбросов.
4. Сообщить о процессах массообмена, используемых для очистки гомогенных и гетерогенных выбросов.
5. Описать силы, действующие на частицу, взвешенную в газовом потоке.
6. Вывести дифференциальное уравнение движения частицы в потоке под действием сил сопротивления и тяжести.
7. Изложить формулу Стокса. Получить выражение для времени релаксации.
8. Постановка задачи приближенного вычисления скорости и траектории частиц в турбулентном потоке газа.
9. Вывод дифференциального уравнения для приближенного вычисления скорости частиц в турбулентном потоке газа.
10. Приближенное решение дифференциального уравнения по скорости частиц в турбулентном потоке газа.
11. Приближенное решение дифференциального уравнения по траектории частиц в турбулентном потоке газа.
12. Сообщить о безразмерных характеристиках движения частиц, аэродинамическом диаметре частицы и диаметре отсекания.
13. Постановка задачи осаждения частиц в прямолинейных каналах и составление дифференциального уравнения.

14. Решение дифференциального уравнения осаждения частиц в прямолинейных каналах.. Сравнение с формулой Натансона.
15. Описать математические модели движения потока газа в циклоне.
16. Осаждение частиц в кольцевом канале. Получить выражение для скорости потока в поперечном сечении циклона.
17. Осаждение частиц в кольцевом канале. Получить выражение для статического давления в поперечном сечении циклона.
18. Осаждение частиц в кольцевом канале. Охарактеризовать изменение скорости и давления потока в продольном сечении циклона.
19. Обтекание потоком тел-препятствий. Охарактеризовать вязкое и потенциальное течения.
20. Представить уравнение движения частицы в безразмерном виде. Получить критерий Стокса.
21. . Охарактеризовать инерционное осаждение частиц и осаждение частиц при касании препятствия.
22. Дать характеристики диффузионного осаждения частиц при обтекании препятствия (по Лэнгмюру).
23. Дать характеристики пористых фильтров. Описать структуру тканевого фильтра и процесс образования автослоя.
24. Дать характеристики и описать структуры волокнистого и зернистого фильтров.
25. Показать сущность суммарного эффекта осаждения частиц на одиночном препятствии и представить способы его вычисления.
26. Дать характеристику модели фильтрации при малой плотности упаковки волокон (модель Девиса).
27. Описать модели фильтрации Лэнгмюра, Фукса.
28. Охарактеризовать взаимодействия электрически заряженных частиц и элементов пористых фильтров из материалов различной проводимости.
29. Изложить понятие об ионизация газов в электрофильтрах. Дать характеристики коронного разряда.
30. Сообщить об электрических свойствах частиц пыли и способах их зарядки в электрофильтрах.
31. Описать движение заряженных частиц в электрическом поле. Объяснить формулу Дойча.
32. Описать компоненты внутренней энергии многофазной системы.
33. Охарактеризовать поверхностную энергию частицы, взвешенной в газовой фазе.
34. Показать сущность процесса диспергации компактной жидкости и поверхностного натяжения.
35. Дать характеристику природы сил адгезии, привести формулу Лапласа.
36. Пояснить сущность уравнения Дюпре. Изложить понятие об адгезии при отрыве слоя осажденных частиц.
37. Описать мокрые способы пылегазоочистки.
38. Охарактеризовать процесс смачивания твердых частиц.
39. Вывести дифференциальное уравнение частиц на пленку жидкости.
40. Дать решение дифференциального уравнения осаждения частиц на пленку жидкости..
41. Описать процесс осаждения частиц на каплях при распыливании жидкости.
42. Описать процесс осаждения частиц при барботаже газа через слой жидкости.

Критерии оценивания текущего контроля приведены в Положении об оценочных средствах

Вопросы для коллоквиума, разделы 3, 4, темы 5-10

1. Массопередача при абсорбции газов в жидкостях. Параметры процесса растворения.
2. Разбавленный раствор – модель идеального раствора. Способы выражения концентрации растворов.
3. Законы Рауля и Генри. Равновесие жидкой и газовой фаз, коэффициент Генри.
4. Движущая сила процессов массопередачи. Направление массопередачи.
5. Молекулярная диффузия. Закон Фика.
6. Конвективный перенос. Дифференциальное уравнение конвективной диффузии.
7. Схемы организации движения фаз в абсорбере. Средние движущие силы.
8. Уравнения и коэффициенты массопередачи и массоотдачи.
9. Материальный баланс массопередачи, равновесная и рабочая линии процесса массопередачи.
10. Фактор массопередачи и коэффициент распределения. Число и высота единиц переноса.
11. Схема взаимодействия газового потока с поверхностью твердой фазы.
12. Модель состояния газовой смеси, адсорбированной у твердой поверхности. Термодинамический расчет состава адсорбированного слоя газа (по Гиббсу).
13. Изотермы сорбции. Уравнение Фрейндлиха.

14. Мономолекулярная адсорбция. Постановка задачи.
15. Вывод уравнения сорбции Лэнгмюра.
16. Полимолекулярная адсорбция. Основные типы изотерм сорбции, двухпараметрическое уравнение сорбции БЭТ.
17. Понятие об объемной электронной структуре твердого вещества. Псевдопотенциал и физико-химические свойства вещества.
18. Понятие о поверхностной электронной структуре твердого вещества. Модели электронной структуры поверхности по Лэнгмюру.
19. Модель образования поверхности твердого кристаллического вещества. Релаксация приповерхностной области.
20. Поляризация ионов и смещение слоев приповерхностной области.
21. Энергия молекулы в приповерхностном слое и объеме. Решеточные суммы.
22. Принципы расчетов поверхностной энергии.
23. Силы взаимодействия между поверхностью и адсорбирующейся молекулой газа. Силы Ван-дер-Ваальса.
24. Потенциальная энергия диполя.
25. Уравнение энергии нулевых колебаний.
26. Расчеты парных сил при адсорбции.
27. Равновесные энергии и расстояния при адсорбции.
28. Учет сил отталкивания. Потенциалы Леннарда–Джонса и Бакингема.
29. Расчеты энергии вандерваальсовых взаимодействий для дискретных моделей адсорбции.
30. Расчеты энергии вандерваальсовых взаимодействий для сплошных моделей адсорбции.
31. Взаимодействие адсорбирующейся полярной молекулы с поверхностью-проводником и с поверхностью-диэлектриком.
32. Взаимодействие адсорбирующейся полярной и неполярной молекулы с ионным кристаллом.
33. Модели химической и физической адсорбции
34. Теория поверхностных состояний
35. Уравнение Шрёдингера в нестационарной форме
36. Уравнение Шрёдингера в стационарной форме
37. Модели строения атома по Резерфорду и Бору
38. Понятие о квантовании энергии электрона
39. Математическая модель электронных состояний
40. Собственные значения и собственные функции
41. Математические формы волновых функций
42. Распространение волны в потенциальном ящике
43. Плотность вероятности нахождения электрона Волна вероятности. Электронное облако
44. Принципы решения уравнения Шрёдингера для МО
45. Принцип суперпозиции
46. Определение энергии МО в приближении ЛКАО
47. Вариационный метод и вековой определитель
48. Кулоновский интеграл
49. Обменный интеграл
50. Интеграл перекрывания
51. Полуэмпирические методы расчетов МО
52. Простые методы расчетов МО
53. Модель расчетов МО по методу Хартри-Фока. Уравнения Хартри-Фока
54. Одноэлектронные энергии
55. Простые методы расчетов хемосорбции
56. Вариационные методы расчетов хемосорбции
57. Методы валентных связей и конфигурационных взаимодействий
58. Факторы, не поддающиеся учету в расчетах хемосорбции
59. Влияние поляризации на процесс хемосорбции
60. Нестабильность связей хемосорбированных систем
61. Область применения процессов термоокисления. Схемы термообезвреживания
62. Стехиометрические уравнения термоокисления и балансовые расчеты
63. Расчеты подачи отбросных газов в качестве воздуха для сжигания топлива
64. Расчеты уточненных коэффициентов избытка воздуха

65. Реакции, сопровождающие термоокисление оксида углерода
66. Реакции термоокисления CO в углеводородном пламени
67. Реакции окисления углеводородов при добавлении CO и КПУ в пламя
68. Реакции окисления фосфора
69. Реакции окисления фосфина
70. Реакции окисления фосфорорганических соединений
71. Ингибирующее действие соединений фосфора в углеводородном пламени
72. Реакции в углеводородном пламени с участием галогенов
73. Окисление серы
74. Реакции окисления сероводорода
75. Разложение нитроэфиров и нитроаминов

5.2.2.Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

Примерная тематика курсовых проектов (9 семестр)

1. Очистка выбросов предприятия стройиндустрии
2. Очистка выбросов литейного производства
3. Очистка выбросов машиностроительного предприятия
4. Очистка выбросов шинного производства
5. Очистка выбросов энергетического объекта.

Экзамен по дисциплине проводится по экзаменационным билетам, содержащим 1 вопрос по темам 1-10 для контроля усвоения теоретической части курса пылегазоочистки и 2 вопроса по темам 11-15, что необходимо для контроля умения применять теоретические знания к расчетам процессов и аппаратов газоочистки, используемых в реальных производственных условиях.

Примеры экзаменационных билетов

Билет №1

1. Изотермы сорбции. Уравнения Фрейндлиха и Лэнгмюра
2. Циклоны. Конструкции и область применения
3. Порядок расчета адсорберов с неподвижным слоем адсорбента

Билет №2

1. Осаждение твердых частиц на пленку жидкости
2. Электрофильтры. Методы расчета
3. Скрубберы Вентури. Вероятностный метод расчета

Билет №3

1. Кинетика процессов горения органических соединений
2. Режимные параметры насадочных и тарельчатых абсорберов
3. Конструкции горелочных и топочных устройств установок термообезвреживания

Билет №4

1. Осаждение частиц в кольцевом канале
2. Рукавные фильтры. Конструктивные элементы и режимные параметры.
3. Батарейные циклоны. Методы расчета

Таблица 5.2 Типовые задания для проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Контролируемые результаты освоения компетенции (или ее части)	Формулировка типового контрольного задания или иного материала, необходимого для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности
Код и наименование компетенции ОПК-2 способность выявить естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлечь для их решения соответствующий физико-математический аппарат	
знать основные положения курсов естественнонаучных, общетехнических и профессиональных дисциплин:	Теоретические вопросы: 1. Термодинамические параметры состояния гомогенных загрязнителей. 2. Физико-химические процессы, происходящие при пылеулавливании и газоочистке 3. Молекулярная и турбулентная диффузия. 4. Уравнения массоотдачи и массопередачи. 5. Силы, действующие на частицу в однородном турбулентном потоке газа 6. Дифференциальное уравнение конвективной диффузии. 7. Внутренняя энергия многофазной системы 8. Законы равновесия фаз Рауля и Генри. 9. Движение заряженных частиц в электрическом поле 10. Понятие о квантовании энергии электрона. 11. Уравнение Шрёдингера. Математические формы волновых функций. 12. Стехиометрическое уравнение горения кислородсодержащих органических соединений.
уметь проводить формализацию реальной проблемы очистки выбросов с целью обеспечения возможности применения к ней физико-химических и математических методов научного анализа поставленной задачи	Задания на умение формализации реальной проблемы очистки выбросов с целью обеспечения возможности применения к ней физико-химических и математических методов научного анализа и моделирования. 1. Привести порядок приближенного расчета скорости и траектории частиц, движущихся в потоке под действием сил тяжести и инерции. 2. Охарактеризовать LES- и DES-модели турбулентности по машинному ресурсу 3. Охарактеризовать методы решения уравнения Шрёдингера для хемосорбированных систем как способы упрощения реальных систем для обеспечения возможности применения математических методов анализа 4. Охарактеризовать неучтенные в приближенных моделях взаимодействия, имеющие место в реальных системах. 5. Сделать вывод о погрешностях теоретических результатов и их причинах

Контролируемые результаты освоения компетенции (или ее части)	Формулировка типового контрольного задания или иного материала, необходимого для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности
владеть навыком использования физико-химических и математических методов научного анализа и экспериментального исследования для решения поставленных задач разработки системы газоочистки (СГО) производственного объекта	Контролируется при защите студентом ЛЗ 1 - ЛЗ 8 и КР, а также при выполнении Кл.
Код и наименование компетенции ПК-2 Владение методами проведения инженерных изысканий, технологией проектирования деталей и конструкций в соответствии с техническим заданием с использованием универсальных и специализированных программно-вычислительных комплексов и систем автоматизированного проектирования	
Знать: основные методы проектирования систем газоочистки с использованием универсальных и специализированных программно-вычислительных комплексов и систем автоматизированного проектирования.	Теоретические вопросы: 1. Батарейные циклоны. Методы расчета 2. Тканевые фильтры. Методы расчета 3. Электрофильтры. Методы расчета 4. Жалюзийные пылезолоуловители. Методы расчета 5. Пылеосадительные камеры. Методы расчета
Уметь: использовать универсальные и специализированные программно-вычислительные комплексы и системы автоматизированного проектирования.	Задания на умение использовать специализированный программно-вычислительный комплекс КГАСУ «Расчетный комплекс для аппаратов улавливания золы и пыли CCADCD» 1. Выполнить расчеты по CCADCD очистки выброса от источника с заданными видом и количеством вредных примесей (по заданию преподавателя) в одном из очистных устройств (выбираются обучающимся): a. батарейные циклоны; b. тканевые фильтры; c. электрофильтры; d. жалюзийные пылезолоуловители; e. пылеосадительные камеры 2. Выполнить аналогичные расчеты по другим расчетным комплексам для пылеосадительных устройств (выбираются обучающимся самостоятельно из доступных в интернете, напр., УМК «Экология» УРФУ-УПИ им. Первого Президента Б.Н. Ельцина) 3. Сделать вывод о сходимости результатов или причинах их расхождения
Владеть: основными навыками работы с универсальным и специализированным программно-вычислительными комплексами и системами автоматизированного проектирования.	Контролируется при защите КР студентом.
Контролируемые результаты освоения компетенции (или ее части)	Формулировка типового контрольного задания или иного материала, необходимого для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности
Код и наименование компетенции ПК-3 Способность проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных решений, разрабатывать проектную и рабочую техническую документацию, оформлять законченные проектно-	

Контролируемые результаты освоения компетенции (или ее части)	Формулировка типового контрольного задания или иного материала, необходимого для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности
конструкторские работы, контролировать соответствие разрабатываемых проектов и технической документации заданию, стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам	
Знать: основные нормативные документы регламентирующие проектирование и оформление проектной документации по системам газоочистки.	Теоретические вопросы: 1. Содержание проекта газоочистки. Нормативные документы ГОСТы, СНиПы., СН, отраслевые нормы проектирования.
Уметь: разрабатывать и оформлять проектную документацию по системам газоочистки.	Задачи на умение рассчитывать и принимать проектные решения. 1. Рассчитать степень очистки выброса от источника с заданными видом и количеством вредных примесей (по заданию преподавателя) в двух вариантах очистных устройств (принимаются обучающимся) 2. Сделать вывод об их оптимальности или несоответствии заданным исходным условиям 3. Обосновать выбор очистного устройства.
Владеть: основными положениями нормативных документов, регламентирующих проектирование и оформление проектной документации по системам газоочистки.	Контролируется при защите КР студентом.
Код и наименование компетенции ПК-8 владение технологией, методами доводки и освоения технологических процессов строительного производства, эксплуатации, обслуживания зданий, сооружений, инженерных систем, производства строительных материалов, изделий и конструкций, машин и оборудования	
Знать основные технологические процессы, методы пуско-наладки и обслуживания типового оборудования систем газоочистки.	Теоретические вопросы: 1. Циклоны. 2. Аппараты мокрой очистки. 3. Рукавные фильтры. 4. Электрофильтры. 5. Оценка эффективности систем пылеулавливания 6. Вспомогательные устройства систем пыле- и золоулавливания. 7. Тягодутьевое оборудование. 8. Конструктивные элементы пылегазопроводов. 9. Удаление уловленной пыли. 10. Конструкции абсорберов. 11. Степень очистки выбрсов в абсорберах 12. Типы адсорберов 13. Адсорберы периодического и непрерывного действия. 14. Адсорберы с неподвижным слоем адсорбента. 15. Адсорберы с псевдоожиженным и фонтанирующим адсорбентом. 16. Установки термообезвреживания. 17. Конструктивные элементы горелочных и топочных устройств. 18. Принципы расчета установок термообезвреживания. 19. Параметры, характеризующие полноту обезвреживания. 20. Способы контроля качества обезвреживания
Уметь разрабатывать и оформлять документацию по пуско-наладочным	Задания на умение разрабатывать и оформлять документацию по пуско-наладочным испытаниям и эксплуатации ти-

Контролируемые результаты освоения компетенции (или ее части)	Формулировка типового контрольного задания или иного материала, необходимого для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности
испытаниям и эксплуатации типового оборудования систем газоочистки	пового оборудования систем газоочистки: 1. Подобрать способ транспорта уловленной пыли от бункера батарейного циклона с прямоточными элементами ЦКТИ 2. Оценить степень очистки пыли заданного состава в электрофильтрах типа ЭГБ, ЭГВ при известной степени ее очистки в электрофильтре ЭГА такого же типоразмера 3. Сравнить для предыдущего примера электрические и аэродинамические параметры работы фильтров ЭГА, ЭГБ и ЭГВ (использовать данные сайтов производителей).
Владеть основными положениями нормативной документации по проведению пуско-наладочных работ и по эксплуатации типового оборудования систем газоочистки	Контролируется при защите студентом ЛЗ 1 - ЛЗ 8 и КР; также при прохождении практических занятий ПЗ 3 – ПЗ 9 студентам даются указания по определению режимных характеристик конкретного очистного устройства, и контролируется их выполение.
Код и наименование компетенции ПК-13 знание научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по профилю деятельности	
Знать основные конструктивные решения и наилучшие доступные технологии систем газоочистки, в соответствии с отечественным и зарубежным опытом.	Теоретические вопросы: 1. Классификация пылеулавливающих устройств. 2. Оценка эффективности систем пылеулавливания 3. Циклоны. 4. Аппараты мокрой очистки. 5. Рукавные фильтры. 6. Электрофильтры. 7. Способы обезвреживания газовых выбросов. 8. Типы, конструкции и принципы расчета конденсационных аппаратов. 9. Конструкции абсорберов 10. Типы адсорберов 11. Установки термообезвреживания.
Уметь находить достоверную научно-техническую информацию по современным системам газоочистки	Задания на умение находить достоверную научно-техническую информацию по современным системам газоочистки: 1. Найти характеристики батарейных циклонов с прямоточными элементами ЦКТИ по сайтам трех отечественных производителей 2. Оценить достоверность приводимой информации по эффективности аппаратов, выполнив оценочные расчеты (использовать специализированный программно-вычислительный комплекс КГАСУ «Расчетный комплекс для аппаратов улавливания золы и пыли CCADCD).
владеть навыком постоянного отслеживания прогресса в современных системах газоочистки на основе отечественного и зарубежного опыта	При прохождении практических занятий ПЗ 2 – ПЗ 9 студентам даются указания по подбору современных зарубежных аналогов конкретного очистного устройства, и контролируется их выполнение.

5.3. Критерии оценивания уровня сформированности компетенций

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

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

Таблица 5.3. Шкала оценивания экзамена

оценка	Уровень освоения компетенций	Критерии оценивания
«отлично»	высокий уровень	Обучающийся показал всесторонние, систематизированные, глубокие знания программы дисциплины, умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, свободно использовать справочную литературу, делать обоснованные выводы из результатов расчетов.
«хорошо»	повышенный уровень	Обучающийся показал прочные знания основных разделов программы дисциплины, умение самостоятельно решать конкретные практические задачи, но допускал некритичные неточности в ответе и решении задач.
«удовлетворительно	пороговый уровень	Обучающийся показал фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно точные формулировки базовых понятий, нарушающий логическую последовательность в изложении программного материала, при этом владел знаниями основных разделов дисциплины, необходимыми для дальнейшего обучения, и показал умение получить с помощью преподавателя или справочной литературы правильное решение конкретной практической задачи из числа предусмотренных рабочей программой, знакомство с рекомендованной справочной литературой.
«неудовлетворительно»	минимальный уровень не достигнут	При ответе обучающегося выявились существенные пробелы в знаниях большей части основного содержания дисциплины, допускались грубые ошибки в формулировке основных понятий решении типовых практических задач, обнаружилось неумение с помощью преподавателя получить правильное решение конкретной практической задачи из числа предусмотренных рабочей программой учебной дисциплины

Оценка результатов обучения по дисциплине «*Процессы и аппараты газоочистки*» в форме уровня сформированности компонентов знать, уметь, владеть заявленных дисциплинарных компетенций проводится по 4-х балльной шкале оценивания путем выполнения и защиты курсового проекта.

При оценке уровня сформированности дисциплинарных компетенций в рамках выполнения и защиты курсового проекта считается, что полученная оценка за компонент проверяемой курсовом проекте дисциплинарной компетенции обобщается на соответствующий компонент всех дисциплинарных компетенций, формируемых в рамках данной дисциплины.

Таблица 5.4. Шкала оценивания курсового проекта

оценка	Уровень освоения компетенций	Критерии оценивания

«отлично»	высокий уровень	Содержание курсового проекта полностью соответствует заданию. Представлены результаты обзора литературных и иных источников. Структура работы логически и методически выдержана. Оформление работы и полученные в работе результаты полностью отвечают требованиям, изложенным в методических указаниях. При защите работы студент правильно и уверенно отвечает на вопросы преподавателя, демонстрирует глубокие знания, способен аргументировать собственные утверждения и выводы.
«хорошо»	повышенный уровень	Содержание работы полностью соответствует заданию. Представлены результаты обзора литературных и иных источников. Структура работы логически и методически выдержана. Оформление работы и полученные в работе результаты в целом отвечают требованиям, изложенным в методических указаниях. Имеются одна-две несущественные ошибки в использовании терминов, небольшие неточности в расчёте. При защите работы студент правильно и уверенно отвечает на большинство вопросов преподавателя, демонстрирует хорошее знание теоретического материала, но не всегда способен аргументировать собственные утверждения и выводы. При наводящих вопросах преподавателя исправляет ошибки в ответе.
«удовлетворительно	пороговый уровень	Содержание работы частично не соответствует заданию. Результаты обзора литературных и иных источников представлены недостаточно полно. Есть нарушения в логике изложения материала. Аргументация выводов и предложений слабая или отсутствует. Полученные в работе результаты в целом отвечают требованиям, изложенным в методических указаниях. Имеются существенные ошибки в использовании терминов, небольшие неточности в расчёте. Много грамматических и/или стилистических ошибок. При защите работы студент допускает грубые ошибки при ответах на вопросы преподавателя и /или не дал ответ более чем на 30% вопросов, демонстрирует слабое знание теоретического материала, в большинстве случаев не способен уверенно аргументировать собственные утверждения и выводы.
«неудовлетворительно»	минимальный уровень не достигнут	Содержание работы в целом не соответствует заданию. Имеются более двух существенных отклонений от требований в оформлении работы. Большое количество существенных ошибок по сути работы, много грамматических и стилистических ошибок и др. Полученные в работе результаты не отвечают требованиям, изложенным в методических указаниях. При защите курсового проекта студент демонстрирует слабое понимание программного материала. Курсовой проект не представлен преподавателю.

6. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Основная литература (учебники и учебные пособия)

Таблица 6.1. Перечень основной учебной литературы

№ п/п	Наименование	Кол-во экз. в библиотеке + на кафедре
1	Зиганшин, М.Г. Проектирование аппаратов пылегазоочистки: 2 изд. [Текст]/ М.Г. Зиганшин, А.А. Колесник, А.М. Зиганшин – СПб.: Лань, 2014. – 544 с.	**50**
2	Зиганшин, М.Г. Лабораторно-практический курс пылегазоочистки. Часть 1. Лабораторный практикум [Текст] // Методическое пособие и указания по учебной и исследовательской работе для студентов направлений 270800 «Строительство» и 280700 «Техносферная безопасность» (квалификация бакалавр и магистр)/ М.Г. Зиганшин, А. М. Зиганшин. – Казань: Изд-во Каз. гос. архитект.-строит. ун-та, 2012.– 188 с.	**15**
3	Зиганшин, М.Г. Численные исследования устройств сухой очистки газов [Текст]: Уч.-метод. пособие по курсовому и дипломному проектированию для студентов направления подготовки 08.03.01 «Строительство», профиль «Теплогазоснабжение и вентиляция» (квалификация бакалавр) / М.Г. Зиганшин, А. М. Зиганшин. – Казань: Изд-во Каз. гос. архитект.-строит. ун-та, 2016.– 67 с.	**50**

6.2. Дополнительная литература

Таблица 6.2. Перечень дополнительной литературы

№ п/п	Наименование	Кол-во экз. в библиотеке + на кафедре
1.	Зиганшин, М.Г. Теоретические основы пылегазоочистки [Текст] /М.Г. Зиганшин. – Казань, Изд-во Каз. гос. архитект.-строит. университета, 2005 – 262 с.	**50**
2.	В.В.Белоусов. Теоретические основы процессов газоочистки. – М.: Металлургия, 1988. – 256 с.	**3**
3.	Белевицкий, А.М. Проектирование газоочистительных сооружений [Текст] / А.М. Белевицкий –Л.: Химия, 1990. – 288 с.	**3**
4.	Н.Л.Стаскевич, Г.Н.Северинец, Д.Я.Вигдорчик. Справочник по газоснабжению и использованию газа. – Л.: Недра, 1990. – 762 с.	**3**
5.	Курс лекций по дисциплине «Процессы и аппараты защиты окружающей среды»: Часть 1 [Эл. ресурс] / сост. И.Г. Кобзарь, В.В.Козлова.– Ульяновск, УлГТУ. – 2007. - 68 с. Формат: rar/pdf. Размер: 2,2 Мб. Размещено: 18 ноября 2011, 14:18 http://bookre.org/reader?file=807519&pg=1	
6.	Скрябина, Л.Я. Обзорная информация. Атлас промышленных пылей Часть 1. Летучая зола тепловых электростанций. – М.:, ЦИНТИХИМНЕФТЕМАШ, 1980; Часть 2. Пыли предприятий металлургии, машиностроения и строительной промышленности. – М.:, ЦИНТИХИМНЕФТЕМАШ, 1981; Часть 3. Пыли предприятий химической и пищевой промышленности. – М.:, ЦИНТИХИМНЕФТЕМАШ, 1982. Формат: djvu. Размер: 1,97 Мб. Отредактирован 01.04.09 14:25 http://www.twirpx.com/file/28157/	
7.	Каталоги оборудования пылегазоочистки по сайтам отечественных и зарубежных производителей очистного оборудования	

6.3 Методические разработки по дисциплине

1. Зиганшин, М.Г. Лабораторно-практический курс пылегазоочистки: Часть 2. Практический курс[Текст]// Методическое пособие и указания по учебной и исследовательской работе для студентов направлений 270800 «Строительство» и 280700 «Техносферная безопасность» (квалификация бакалавр и магистр)/ М.Г. Зиганшин, А. М. Зиганшин. – Казань: Изд-во Каз. гос. архитект.-строит. университета, 2013.– 206 с.
2. Методические указания по курсу «Процессы и аппараты пылегазоочистки» для студентов направления подготовки 270800 «Строительство», профиль «Теплогазоснабжение и вентиляция» (бакалавр) / Сост.: Л.Э. Осипова, М.Г. Зиганшин. Казань: Изд-во Казанск. гос. архитект.-строит. ун-та, 2015. – 46 с.

6.4. Нормативная документация
Не предусмотрено

6.5. Периодические издания
Не предусмотрено

7. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1. Перечень ресурсов Интернет, необходимых для освоения дисциплины

1. Единое окно доступа к образовательным ресурсам http://window.edu.ru/
2. Страница кафедры «Теплоэнергетики, газоснабжения и вентиляции» на сайте КГАСУ http://www.kgasu.ru/tgv

7.2. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

1. Использование электронной информационно-образовательной среды университета.
2. Применение средств мультимедиа при проведении лекций и практических занятий для визуализации изучаемой информации посредством использования слайд-презентаций, учебных видео-фильмов.
3. Расчет, разработка и оформление курсовых работы и проекта – текстовый редактор (Microsoft Word, Google Документы) электронные таблицы (Microsoft Excel, Google Таблицы), чертежи - Autodesk AutoCAD, Autodesk Revit MEP (студ. лицензия).
4. Автоматизация поиска информации посредством использования справочных систем
5. Организация взаимодействия с обучающимися – консультаций, проверок хода выполнения курсового проекта, контрольных работ, посредством электронной почты

7.3. Перечень программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса (при необходимости)

При освоении дисциплины используется лицензионное и открытое программное обеспечение

1. Текстовый редактор (Microsoft Word, Google Документы).
2. Электронные таблицы (Microsoft Excel, Google Таблицы).
3. Чертежи - Autodesk AutoCAD, Autodesk Revit MEP (студ. лицензия).

При освоении данной дисциплины также предусмотрено использование следующего специального программного обеспечения:
Вероятностно-логарифмическая сетка, сайт кафедры ТэГВ КазГАСУ http://www.kgasu.ru/
Возможно использование:
«Он-лайн программа подбора вентиляторов» (https://www.systemair.com/ru/CIS/Products/Product-selector/Fans/)

7.4. Перечень информационно-справочных систем и профессиональных баз данных

В ходе реализации целей и задач дисциплины обучающиеся могут использовать возможности информационно-справочных систем.

1. http://pravo.gov.ru – Официальный интернет-портал правовой информации
2. http://www.consultant.ru - Справочная правовая система «Консультант Плюс»
3. http://www.garant.ru - Справочно-правовая система по законодательству Российской Федерации
4. http://docs.cntd.ru/ - Электронный фонд правовой и нормативно-технической информации «Техэксперт».

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина «Процессы и аппараты газоочистки» изучается в течение 9 семестра. При планировании и организации времени, необходимого обучающимся на изучение дисциплины, необходимо придерживаться следующих рекомендаций:

Таблица 8.1. Рекомендации по организации самостоятельной работы студента

Вид учебных занятий	Организация деятельности студента
Занятия лекционного типа (лекции)	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначить вопросы, термины, материал, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удается разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации, на практическом занятии.
Практические занятия	Проработка рабочей программы, уделяя особое внимание целям и задачам, структуре и содержанию дисциплины. Конспектирование источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы, работа с текстом. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме, решение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму и др.
Контрольная работа	*Контрольная работа*: изучение научной, учебной, нормативной и другой литературы. Составление библиографии, краткое изложение основных аспектов проблемы, различных мнений авторов и их оценка применительно к рассматриваемому вопросу. Выполнение расчетов, необходимых для решения поставленных задач, составление выводов и заключения.
Курсовой проект	Курсовой проект: изучение научной, учебной, нормативной и другой литературы. Отбор необходимого материала; формирование

	выводов и разработка конкретных рекомендаций по решению поставленной цели и задачи; проведение практических исследований по данной теме. Инструкция по выполнению требований к оформлению курсового проекта находится в методических материалах по дисциплине.
Практикум / лабораторная работа	Зиганшин, М.Г. Лабораторно-практический курс пылегазоочистки. Часть 1. Лабораторный практикум [Текст] // Методическое пособие и указания по учебной и исследовательской работе для студентов направлений 270800 «Строительство» и 280700 «Техносферная безопасность» (квалификация бакалавр и магистр)/ М.Г. Зиганшин, А. М. Зиганшин. – Казань: Изд-во Каз. гос. архитект.-строит. университета, 2012.– 188 с. Зиганшин, М.Г. Лабораторно-практический курс пылегазоочистки: Часть 2. Практический курс[Текст]// Методическое пособие и указания по учебной и исследовательской работе для студентов направлений 270800 «Строительство» и 280700 «Техносферная безопасность» (квалификация бакалавр и магистр)/ М.Г. Зиганшин, А. М. Зиганшин. – Казань: Изд-во Каз. гос. архитект.-строит. университета, 2013.– 206 с.
Коллоквиум	Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам
Подготовка к экзамену	При подготовке к экзамену необходимо ориентироваться на конспекты лекций и рекомендуемую литературу

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Таблица 9.1. Требования к условиям реализации дисциплины

№ п./п.	Вид учебной работы	Наименование специальных* помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
1	Лекции	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа	Специализированная учебная мебель, технические средства обучения: мультимедийный проектор, мобильный ПК (ноутбук), экран.
2	Практические занятия	Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.	Специализированная учебная мебель, технические средства обучения: мультимедийный проектор, мобильный ПК (ноутбук), выход в интернет
3	Лабораторные работы	Учебная лаборатория (ауд. 4-104).	Специализированное лабораторное оборудование по профилю лаборатории
4	Самостоятельная работа обучающихся	Помещение для самостоятельной работы обучающихся (компьютерный класс библиотеки)	Специализированная учебная мебель, компьютерная техника с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-

№ п./п.	Вид учебной работы	Наименование специальных* помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
			образовательную среду университета
		Учебная аудитория для проведения курсового проектирования	Технические средства обучения: ПК, лицензионное программное обеспечение

№ п./п.	Наименование оборудованных учебных кабинетов, лабораторий	Перечень оборудования и технических средств обучения
1.	Лаборатория ауд. 4-104	Стенды по исследованию элементов систем газоочистки и процессов в них
2.	Лекционная аудитория с оборудованием для воспроизводства слайд-презентации	Проектор, планшет (ноут-бук) с программным обеспечением PowerPoint
3	Аудитория для проведения лекционных и практических занятий с компьютерным оснащением и пакетом программ, реализующих методы CFD	Компьютеры с лицензионным пакетом программ, реализующих методы CFD