

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Саратовский государственный технический университет
имени Гагарина Ю. А.»

Кафедра «Промышленная теплотехника»

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

по дисциплине

*М.1.1.7 «Спецвопросы расчета и проектирования аппаратов для систем
нейтрализации газовых выбросов в теплоэнергетике и теплотехнологиях»*

направления подготовки

«13.04.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» (МТПЭН) _»

Магистерская программа «Тепловые и атомные электрические станции»
(для дисциплин, реализуемых в рамках профиля)

форма обучения – очная

курс – 1

семестр – 1

зачетных единиц – 3

часов в неделю – 2

академических часов – 36,

в том числе:

лекции – 8 часа

практические занятия – 28 часов

лабораторные занятия – нет

самостоятельная работа – 72 часа

зачет – нет

экзамен – 1 семестр

РГР – нет

курсовая работа – 1 семестр

курсовой проект – нет

1. Цели и задачи дисциплины

Дисциплина «Спецвопросы расчета и проектирования аппаратов для систем нейтрализации газовых выбросов в теплоэнергетике и теплотехнологиях» является одним из основных предметов в учебном плане подготовки магистров по направлению 13.04.01 «Теплоэнергетика и теплотехника».

Целью изучения дисциплины является освоение расчета и проектирования аппаратов для очистки газовых выбросов энерготехнологических агрегатов промышленных предприятий, а также получение навыков самостоятельно формулировать и решать задачи расчета и оценки воздействия вредных выбросов энерготехнологических агрегатов на окружающую среду.

Задачами изучения дисциплины являются:

- научить студентов самостоятельно определять источники и объемы газовых выбросов в атмосферу;
- научиться применять знания по воздействию вредных веществ на окружающую среду для решения поставленных задач с целью повышения экологической и энергетической эффективности установок;
- познакомить обучающихся с основными этапами воздействия промышленных энергетических установок на окружающую среду (определение количества вредных выбросов; рассеивание их в атмосфере; воздействие изменившейся приземной концентрации вредных веществ на здоровье людей, строительные сооружения);
- научить анализировать существующие системы и их элементы, разрабатывать и внедрять необходимые изменения в их структуре с позиций повышения эффективности и энергосбережения;
- дать информацию о новых направлениях в совершенствовании данных систем в отечественной и зарубежной практике, развивать способности объективно оценивать преимущества и недостатки систем и их элементов, как отечественных, так и зарубежных;
- дать информацию о особенностях расчета и проектирования аппаратов для нейтрализации газовых выбросов промышленных предприятий.

2. Место дисциплины в структуре ООП ВПО магистратуры

Дисциплина относится к базовой части цикла М.1 основной образовательной программы подготовки магистров по программе

«Теплоэнергетическое оборудование и системы жизнеобеспечения предприятий» направления 13.04.01 «Теплоэнергетика и теплотехника».

Дисциплина базируется на следующих дисциплинах: «Экология», «Безопасность жизнедеятельности», «Технология очистки и обезвреживания промышленных выбросов».

Знания, полученные по освоению дисциплины могут быть использованы при дальнейшем изучении программы магистерской подготовки по направлению «Теплоэнергетика и теплотехника», а также при выполнении магистерской выпускной квалификационной работы.

3. Требования к результатам освоения дисциплины

Студент должен знать:

свойства веществ, загрязняющих атмосферу, и методы их подавления при образовании или удаления из промышленных газовых выбросов; особенности расчета и проектирования аппаратов для нейтрализации газовых выбросов.

Студент должен уметь:

анализировать научно-техническую информацию, изучать отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования; применять методики проведения технико-экономической оптимизации в проектных разработках; проводить экологическую экспертизу теплотехнологических установок, работающих в заданном технологическом режиме; выявлять возможности снижения вредных выбросов от теплотехнологических установок без ущерба для их режимных показателей; разрабатывать мероприятия по подавлению вредных выбросов в атмосферу.

Студент должен владеть:

прикладными программными средствами для расчёта параметров и выбора серийного и разработки нового технологического очистного оборудования; навыками соблюдения экологической безопасности на производстве; основными приёмами осуществления мероприятий по защите окружающей среды.

4. Распределение трудоемкости (час.) дисциплины по темам и видам занятий

№ мо- ду- ля	№ неде- ли	№ те- мы	Наименование темы	Часы				
				Всего	Лек- ции	Лабора- торные	Практичес- кие	СРС
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1 2 3 4	1	Вводная лекция.	23	2	-	10	15
2	5 6 7 8	2	Аппараты мокрой очистки газов.	28	2	-	6	18
	9 10 11 12 13 14	3	Аппараты химической очистки газов: абсорберы	30	2	-	6	20
3	15 16 17 18	4	Аппараты химической очистки газов: адсорберы	27	2	-	6	19
			Курсовая работа	-	-	-	-	-
Всего				108	8	0	28	72

5. Содержание лекционного курса

№ темы	Всего часов	№ лекции	Тема лекции. Вопросы, отрабатываемые на лекции	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3	4	5
1	2	1	Введение. Источники вредных выбросов на предприятии. Основы классификации газоочистных аппаратов.	[1, 2, 3, 4]
2	2	2	Аппараты мокрой очистки газов. Скрубберы с насадкой. Типы насадок. Конструкция, область применения, основы расчета.	[1, 3, 4, 10]
3	2	3	Аппараты химической очистки газов: абсорберы. Принцип работы абсорбера. Конструкции абсорберов. Область применения. Основы расчета абсорбера.	[1, 3, 4, 6]

4	2	4	Аппараты химической очистки газов: адсорберы Виды адсорбентов. Устройство и схемы адсорбционных установок. Основы расчета адсорберов.	[1, 3, 4, 14]
---	---	---	---	---------------

6. Содержание коллоквиумов

Коллоквиумы учебным планом не предусмотрены.

7. Перечень практических занятий

№ темы	Всего часов	№ занятия	Тема практического занятия. Вопросы, отрабатываемые на практическом занятии	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3	4	5
1	2	1	Вводное занятие. Роль и задачи курса в подготовке студентов. Выдача задания на курсовую работу.	[1, 2]
1	4	2, 3	Расчет и подбор стандартного батарейного циклона	[1, 2, 6, 8, 9, 22]
1	4	4, 5	Расчет электрофилтра	
2	6	6, 7, 8	Расчет абсорбционной установки	
3	6	9, 10, 11	Расчет адсорбционной установки	[1, 2, 6, 8, 9, 22]
4	6	12, 13, 14	Расчет каталитического реактора	[1, 2, 6, 7, 10, 11, 19, 20, 21, 22]

8. Перечень лабораторных работ

Лабораторные работы учебным планом не предусмотрены.

9. Задания для самостоятельной работы студентов

№ темы	Всего Часов	Вопросы для самостоятельного изучения (задания)	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3	4
1	15	Альтернативные способы производства электрической и тепловой энергии. Сжигание ископаемых топлив: угля, мазута, природного газа. Современные нормативы вредных выбросов для различных технологий.	[1, 2, 3, 4, 14, 15, 16, 17, 18]
2	18	Физическое воздействие на природу, на здоровье людей вредных примесей в атмосфере. Экономическая оценка воздействия на окружающую среду. Технологии и установки обезвреживания газовых выбросов, содержащих оксиды серы и азота.	[1, 2, 3, 4, 11, 12, 14, 15, 16, 17, 18]
3	20	Глобальное потепление. Суть и причины проблемы. Изменение концентрации парниковых	[1, 2, 4, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 17, 18]

		газов CO ₂ и CH ₄ в атмосфере. Прогнозы развития отраслей мировой экономики и их влияние на парниковый эффект. Влияние топливосжигающих установок на экологическую ситуацию. Обезвреживание промышленных выбросов дожиганием как один из путей защиты окружающей среды.	
4	19	Проведение расчетов рассеивания вредных выбросов в атмосфере. Оценка воздействия изменившейся приземной концентрации на окружающую среду. Экономическая оценка ущерба окружающей среде.	[3, 14, 15, 24]

10. Расчетно-графическая работа

Учебным планом не предусмотрена

11. Курсовая работа

Курсовая работа посвящена расчёту и выбору аппаратов установки по очистке продуктов сгорания. Задание и исходные данные, а также методические указания к выполнению курсовой работы подробно приведены в [25].

12. Курсовой проект

Курсовой проект учебным планом не предусмотрен

13. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

В результате изучения данной дисциплины при освоении магистерской образовательной программы по направлению «Теплоэнергетика и теплотехника» у обучающегося должна быть сформирована компетенция ПК-2, установленная ФГОС ВО. Перечень основных компонентов, технология и этапы формирования, а также методы оценки уровня сформированности указанной компетенции представлены в следующей таблице.

Карта компетенций					
Компетенции		Перечень компонентов	Технологии формирования	Метод оценивания	Ступени уровней освоения компетенции
Индекс	Формулировка				
ПК-2	Способность к проведению технических расчётов по	Знать свойства веществ, загрязняющих атмосферу, и	Лекции; практически занятия; СРС в	Устный ответ; выполнение индивидуальн	Пороговый (удовлетворительно) Знает основные типы и области

	<p>проектам, технико-экономического и функционального-стоимостного анализа эффективности проектных решений, с использованием прикладного программного обеспечения для расчёта параметров и выбора серийного и разработки нового теплоэнергетического, теплотехнического и теплотехнологического оборудования</p>	<p>методы их подавления при образовании или удаления из промышленных газовых выбросов; особенности расчета и проектирования аппаратов для нейтрализации газовых выбросов Уметь анализировать научно-техническую информацию, изучать отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования; применять методики проведения технико-экономической оптимизации в проектных разработках; проводить экологическую экспертизу теплотехнологических установок, работающих в заданном технологическом режиме; выявлять возможности снижения вредных выбросов от теплотехнологических установок без ущерба для их режимных показателей;</p>	<p>библиотеке, с электронными ресурсами; выполнение индивидуальных заданий.</p>	<p>ого задания СРС; доклад и презентация по материалам СРС; ответы на вопросы в процессе презентации; компьютерное тестирование; экзамен</p>	<p>применения отечественного оборудования, предназначенного для очистки промышленных выбросов; знает основные критерии технико-экономического и стоимостного анализа эффективности проектных решений. Умеет находить информацию, необходимую для выполнения расчётов, в библиотеке и интернет-ресурсах. Владеет методикой выбора исходных данных, постановки и решения типовых задач по технико-экономическому и стоимостному обоснованию выбора теплотехнологического оборудования, предназначенного для очистки и обезвреживания промышленных выбросов. Продвинутый (хорошо) Знает отечественное и зарубежное оборудование, предназначенное для очистки и обезвреживания вредных выбросов, излагает стройно и логично изучаемый материал, отвечает на вопросы преподавателя. Умеет пользоваться различными информационными источниками и</p>
--	--	--	---	--	--

		<p>разрабатывать мероприятия по подавлению вредных выбросов в атмосферу.</p> <p>Владеть прикладными программными средствами для расчёта параметров и выбора серийного и разработки нового технологического очистного оборудования; навыками соблюдения экологической безопасности на производстве; основными приёмами осуществления мероприятий по защите окружающей среды.</p>		<p>анализировать данные, проводить стандартные теплотехнические и технико-экономические расчёты очистного оборудования.</p> <p>Владеет стандартными методиками расчёта вредных выбросов и некоторыми прикладными программными средствами расчёта оборудования по очистке и обезвреживанию вредных выбросов.</p> <p>Высокий (отлично)</p> <p>Знает оборудование, предназначенное для обезвреживания промышленных выбросов и методы теплотехнического и технико-экономического анализа его работы.</p> <p>Умеет грамотно излагать суть рассматриваемых вопросов, может систематизировать информацию обобщать, делать выводы, ставить и решать нестандартные задачи по проектированию экозащитного оборудования.</p> <p>Владеет свободно типовыми методиками расчёта оборудования и прикладными программными средствами, демонстрирует глубокие</p>
--	--	--	--	---

					теоретические знания, приводит примеры из различных информационных источников.
--	--	--	--	--	--

Критерии оценивания

Содержательные

- демонстрация теоретических знаний;
- демонстрация приобретённых умений и навыков;
- достоверность представленных сведений – в тексте докладов (презентаций) должны содержаться ссылки на все использованные источники информации;
- логичность, аргументированность изложения;
- выражение собственного мнения, основанного на научном подходе;

Формальные

- чёткая структура ответа или доклада;
- наглядность визуальных (иллюстрационных) материалов презентации;
- подробное описание методики решения задачи, представление полученных результатов, понимание цели оптимизации и обоснованность выводов;
- чёткость ответов на заданные вопросы – выслушав вопрос, следует подтвердить, что он понят, в ином случае следует либо уточнить непонятые детали, либо честно признать свою неготовность ответить, пауза на размышление не должна превышать 10 секунд.

Вопросы для зачета

Зачет учебным планом не предусмотрен

Вопросы для экзамена

1. Основные источники загрязнения окружающей среды. Физико-химические характеристики вещества, содержащихся в промышленных выбросах, сбрасываемых в атмосферу.
2. Какие мероприятия осуществляют с целью снижения выбросов вредных веществ? Что такое ПДК вещества? Понятия о ПДВ вредных выбросов в атмосферу.
3. На какие группы делят газоочистные аппараты? Какой принцип действия положен в основу работы каждой группы?
4. Какой механизм осаждения наблюдается в пылеосадочной камере? Какие параметры влияют на эффективность осаждения в пылеосадочной камере?

5. Как устроены и работают пылеуловители инерционного типа? От каких факторов зависит степень очистки газа в циклоне?
6. Батарейные циклоны. Их преимущества и недостатки. От каких факторов зависит степень очистки газа в циклоне?
7. Механизмы процесса фильтрования. По каким конструктивным признакам классифицируют промышленные фильтры?
8. Как устроены и работают тканевые фильтры? Какие фильтровальные материалы применяют в тканевых фильтрах? Какие требования предъявляют к фильтровальным тканям?
9. Зернистые фильтры, их преимущества и недостатки, области применения.
10. Кассетные и рамочные фильтры, их преимущества и недостатки, области применения.
11. Рулонные фильтры, их преимущества и недостатки, области применения.
12. Масляные фильтры, их преимущества и недостатки, области применения.
13. Преимущества и недостатки мокрой очистки газов, область их применения. По какому признаку делят полые скрубберы? Каким образом можно повысить степень очистки газов в полном скруббере?
14. Основной недостаток в устройстве насадочных скрубберов. Какие виды насадок, и при каких условиях применяют в насадочных скрубберах? Мокрые скрубберы центробежного действия, их разновидности, преимущества и недостатки, область применения.
15. Как идут процессы пылеулавливания в скруббере Вентури? Как организуют орошение газа жидкостью в скруббере Вентури? От каких основных факторов зависят степень очистки газа и гидравлическое сопротивление скруббера Вентури?
16. По каким уравнениям ведут расчет процесса абсорбции? Различные типы абсорбентов и область их применения.
17. Основы расчета абсорберов.
18. Какие вещества применяют в качестве адсорбентов? Устройство и работа адсорберов различного типа.
19. Основы расчета адсорберов с неподвижным слоем поглотителя.

Контрольные задания

ЗАДАНИЕ 1. Выполнить расчёт скруббера Вентури для улавливания сажи из технологического газа в процессе электрокрекинга метана.

Исходные данные	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
G_{Γ} , кг/с	2	3	2,5	3,5	2,4	3,1	3,3	2,2	2,8	2,7
$t_{\Gamma}^{\circ}\text{C}$	30	32	34	36	38	40	42	44	46	35
C_1 , г/м ³	0,3	0,31	0,33	0,35	0,34	0,36	0,32	0,38	0,4	0,42
C_2 , г/м ³	0,015	0,011	0,013	0,016	0,018	0,02	0,012	0,017	0,019	0,014
P'_{Γ} , кПа	200	220	240	210	230	250	200	230	260	240
$t_{\text{ж}}^{\circ}\text{C}$	30	31	33	35	32	34	36	38	30	34
$P_{\text{ж}}$, кПа	300	320	330	340	350	310	360	300	340	320

где G_r - массовый расход крекинг - газа, подлежащего очистке;
 t'_r - температура газов перед скруббером;
 плотность газов $\rho_r=0,51$ кг/м³ при нормальных условиях;
 C_1 - концентрация сажи на входе в скруббер;
 C_2 - необходимая концентрация сажи на выходе из скруббера;
 P'_r - абсолютное давление газов перед скруббером;
 $t'_ж$ - температура осветлённой воды, поступающей на орошение;
 $P_ж$ - напор воды.

ЗАДАНИЕ 2. Рассчитать концентрацию поверхностно - активных веществ в сточной воде после очистки в радиальной флотационной установке.

Исходные данные	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Q_{ϕ} , м ³ /ч	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190
$C_{в.н.}$, мг/л	150	140	135	130	125	120	115	110	105	100
$C_{в.к.}$, мг/л	15	14	13,5	13	12,5	12	11,5	11	10,5	10
$C_{н.н.}$, мг/л	70	80	90	100	110	120	130	140	145	150
$C_{в.к.}$, мг/л	10	25	20	15	30	20	10	25	30	15
V_n , %	90	89	88	87	91	92	89	90	87	88
$C_{пост}$, мг/л	25	30	28	27	26	25	30	28	27	26
B , %	80	85	82	83	84	75	77	90	85	70
D , %	90	92	94	90	92	85	89	93	95	80
t_p , ч/сут	8	10	12	14	16	18	20	8	10	12

где Q_{ϕ} – расход сточных вод, поступающих на один флотатор;
 $C_{в.н.}$ и $C_{в.к.}$ - начальное и конечное содержание взвешенных веществ в сточной воде;
 $C_{н.н.}$ и $C_{в.к.}$ – начальное и конечное содержание нефтепродуктов в сточной воде;
 V_n – содержание нефтепродуктов в пене;
 $C_{пост}$ – концентрация СПАВ, поступающих на станцию аэрации;
 B – эффективность удаления СПАВ в процессе биологической очистки;
 D - эффективность удаления СПАВ в процессе доочистки сточных вод в установках пенной флотации;
 t_p - время рабочего состояния флотатора.

ЗАДАНИЕ 3. Рассчитать объем аэротенка для очистки сточных вод химического предприятия.

Исходные данные	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
L_a , мг/л	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210
L_t , мг/л	20	25	30	15	20	25	30	10	15	20

$Q_{\text{расч}}, \text{ м}^3/\text{час}$	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900
---	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

где L_a - концентрация биологической потребности кислорода поступающей в аэротенк сточной воды;

L_t - концентрация биологической потребности кислорода очищенной воды;

$Q_{\text{расч}}$ - расчётный объём сточных вод.

ЗАДАНИЕ 4. Рассчитать параметры песколовки для стоков с химического предприятия.

Исходные данные	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$H_p, \text{ м}$	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,7	1
$U_o, \text{ мм/с}$	18	19	20	21	22	23	20	18	20	18
$V, \text{ м/с}$	0,3	0,15	0,3	0,15	0,3	0,3	0,15	0,3	0,15	0,3
$q_{\text{max}}, \text{ м}^3/\text{с}$	1	0,9	0,8	0,7	0,6	1	0,9	0,8	0,7	0,5

где H_p - расчётная глубина песколовки;

U_o - гидравлическая крупность задерживаемого песка, имеющая значения 18-24 мм/с и зависящая от диаметра осаждаемых частиц, равно соответственно 0,2-0,25 мм;

V - скорость течения сточных вод, при максимальном притоке;

q_{max} - максимальный поток сточных вод.

ЗАДАНИЕ 5. Рассчитать отстойники для удаления взвешенных веществ и нефтепродуктов из сточной воды промышленного предприятия.

Исходные данные	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$C_1, \text{ мг/л}$	200	100	250	300	150	200	100	250	300	150
$C_2, \text{ мг/л}$	70	40	75	90	60	70	40	75	90	60
$Q, \text{ тыс. м}^3/\text{сут}$	5	5,5	6	6,5	7	5	5,5	6	6,5	7
$\gamma, \text{ г/см}^3$	2	2,5	3	5	5,5	6	2	2,5	3	5
K	0,5	0,35	0,45	0,5	0,35	0,45	0,5	0,35	0,45	0,5
n	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
a	1,3	1,14	1	0,9	0,8	1,3	1,14	1	0,9	0,8
$V, \text{ мм/с}$	5	10	15	5	10	15	5	10	15	5
$H, \text{ м}$	1,5	2	2,5	3	3,5	4	1,5	2	2,5	3
K_o	0,35	0,35	0,65	0,66	0,67	0,35	0,7	0,68	0,69	0,35

где C_1 и C_2 - начальная и конечная концентрации взвешенных веществ в сточной воде;

Q - расчётный объём сточных вод;

γ - объёмная масса осадка;

К - коэффициент, зависящий от типа отстойника и конструкции водораспределительных и водосборных устройств: принимается для горизонтальных отстойников – 0,5, вертикальных – 0,35, радиальных – 0,45;

n - коэффициент, зависящий от свойств взвешенных веществ, принимается для коагулирующих взвешенных веществ – 0,25, мелкодисперсных минеральных – 0,4, структурных тяжёлых – 0,6;

a - коэффициент, учитывающий влияние температуры сточной воды на её вязкость, при температуре 10 °С – 1,3; 15 °С – 1,14; 20 °С – 1; 25 °С – 0,9; 30 °С – 0,8;

V - средняя расчётная скорость в проточной части отстойника;

H - глубина проточной части отстойника;

К₀ - коэффициент объёмного использования.

ЗАДАНИЕ 6. Определить теплофизические параметры внутренней среды (плотность, кинематическую вязкость, динамическую вязкость) / жидкость + газ / в технологическом оборудовании.

Исходные данные	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
В, Па	Принять барометрическое давление при н. у.									
a_в	0,4	0,5	0,6	0,8	0,2	0,3	0,4	0,5	0,2	0,2
a_б	0,3	0,3	0,2	0,4	0,3	0,5	0,2	0,3	0,6	0,2
a_д	0,3	0,2	0,2	0,3	0,5	0,2	0,4	0,2	0,2	0,6
t, °С	40	35	38	43	45	50	54	48	47	42
φ, %	50	48	60	53	55	49	45	42	54	51
C_{NH₃}, г/м³	10	12	15	16	11	17	14	19	13	18
P_{изб}, МПа	0,12	0,21	0,16	0,11	0,18	0,16	0,17	0,19	0,13	0,15

где - **В** – давление наружной среды;

a_а – массовая доля аммиака в смеси;

a_б – массовая доля бензола в смеси;

a_д – массовая доля дихлорэтана в смеси;

t – температура жидкости и газовой среды в оборудовании;

φ - влажность воздуха;

C_{NH₃} - концентрация аммиака в воздухе;

P_{изб} - избыточное давление в оборудовании.

ЗАДАНИЕ 7. Выбрать тип пылеуловителя для механической очистки воздуха пыли цеха грануляции. Определить параметры пылеулавливания при заданной эффективности очистки воздуха.

Исходные данные	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Q_в, м³/с	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
d_п, мкм	23	9,5	14	8	2	9,5	14	8	23	9,5
lg σ_н	0,501	0,602	0,535	0,494	0,501	0,602	0,535	0,494	0,501	0,602

$C_{вх}, \text{г/м}^3$	20	25	30	35	32	38	40	27	29	41
$\rho_{ч}, \text{кг/м}^3$	1930	1900	1850	1860	1890	1730	1780	1920	1750	1770
$\eta, \%$	80	83	79	77	75	84	85	86	78	76

где Q_3 - количество очищаемого газа при рабочих условиях;

d_m и $Ig \sigma_n$ - дисперсный состав пыли;

$C_{вх}$, - запылённость газа;

$\rho_{ч}$ - плотность частиц;

η - требуемая эффективность очистки газа.

14. Образовательные технологии

Лекционные занятия проводятся в форме лекций с использованием мультимедийных технологий. Студентам передается материал на электронном носителе. Предусматривается самостоятельное выполнение отдельных иллюстраций в раздаточном материале.

Самостоятельная работа включает изучение не рассмотренного на лекции материала.

Учебная работа проводится с использованием современных интерактивных технологий. Практические занятия позволяют преподавателю более индивидуально общаться со студентами и подходят для интерактивных методов обучения. В рамках практических занятий применяются следующие интерактивные методы:

- обсуждение рефератов и докладов – 2 ч.;
- практические занятия, на которых происходит решение конкретных ситуационных задач – 12 ч.;
- выполнение тестовых заданий – 2 ч.;
- мультимедийные презентации – 2 ч.;
- просмотр видеофильмов и слайдов – 2 ч.

Интерактивные методы обучения

(компьютерные симуляции, разбор конкретных ситуаций, тренинги)

Вид занятия	Вид интерактивного метода обучения (имя файла ИОС)	Часы
Лекции	Использование мультимедийного оборудования	8
Практические занятия №1-14	Решение задач с использованием программы Microsoft Excel.	28

15. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

(позиции раздела пронумерованы сквозной нумерацией и на них имеются ссылки из 5-13 разделов)

Обязательные издания (основная литература):

1. Пономарева, Н.В. Системы сжигания и очистки газовых выбросов промышленных предприятий и ТЭС : учеб. пособие / Н. В. Пономарева ; Саратовский гос. техн. ун-т им. Гагарина Ю. А. - М. : ИД Акад. Естествознания, 2015. - 146 с. : ил. ; 20 см. - Библиогр.: с. 142-143 (16 назв.). - Гриф: рек. УМО РАЕ по клас. унив. и техн. образованию в качестве учеб. пособия для студ. вузов, обуч. по спец. 13.03.01 - "Теплоэнергетика и теплотехника"; 18.04.02 - "Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии".

Экземпляры всего: 1+12

2. Гридэл Т.Е. Промышленная экология [Электронный ресурс]: учебное пособие для вузов/ Гридэл Т.Е., Алленби Б.Р.— Электрон. текстовые данные.— М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2015.— 526 с.—

Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/52062.html>

3. Оценка воздействия промышленных предприятий на окружающую среду [Электронный ресурс] / Тарасова Н.П. - М. : БИНОМ, 2012. —

Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996310593.html>

Дополнительные издания:

4. Промышленная экология. Часть 2. Технологические системы производства [Электронный ресурс]: учебное пособие/ — Электрон. текстовые данные.— Самара: Самарский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2011.— 116 с.—

Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/20506.html>

5. Акинин, Н. И. Промышленная экология : принципы, подходы, технические решения : учеб. пособие / Н. И. Акинин. - 2-е изд., испр. и доп. - Долгопрудный : ИД "Интеллект", 2011. - 312 с. : ил. ; 22 см. - Библиогр.: с. 310 (2 назв.).

Экземпляры всего: 10

6. Росляков, П.В. Методы защиты окружающей среды : учебник / П. В. Росляков. - М. : ИД МЭИ, 2007. - 336 с. : ил. ; 22 см. - Библиогр.: с. 330-332 (33 назв.). - Гриф: допущено УМО по образованию в обл. энергетики и электротехники в качестве учебника для студ. вузов, обучающихся по направлению подгот. 140500 "Энергомашиностроение". - Гриф: рек. Корпоративным энергетическим унив. РАО "ЕЭС России" в качестве учебника для системы подгот., переподгот. и повышения квалификации персонала РАО, а также студ. вузов, входящих в состав Открытого энергетического унив.

Экземпляры всего: 20

7. Старостина И.В. Охрана окружающей среды при производстве цемента [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Старостина И.В.— Электрон. текстовые данные.— Белгород: Белгородский государственный

технологический университет им. В.Г. Шухова, ЭБС АСВ, 2012.— 90 с. —
Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/28370.html>

8. Контроль вредных выбросов ТЭС в атмосферу [Текст] : учеб. пособие / П. В. Росляков [и др.] ; под ред. П. В. Рослякова. - М. : Изд-во МЭИ, 2004. - 228 с. : ил. ; 21 см. - Библиогр.: с. 222-225 (62 назв.). - Гриф: допущено УМО в области энергетики и электротехники в качестве учеб. пособия для студ. вузов, обуч. по спец. 101300 "Котло- и реакторостроение" напр. 651200 "Энергомашиностроение" и спец. 100500 "Тепловые электрические станции" напр. 650800 "Теплоэнергетика".

Экземпляры всего: 10

9. Катин, В. Д. Методы и устройства сокращения выбросов вредных веществ в атмосферу из котлов на предприятиях железнодорожного транспорта [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Катин В.Д.— Электрон. текстовые данные.— М.: Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте, 2013.— 88 с.—

Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/26817.html>

10. Практикум по инженерной экологии. Расчёт образования вредных веществ при сжигании органического топлива [Электронный ресурс]: методические указания к самостоятельной работе студентов профиля «Теплофизика, автоматизация и экология промышленных печей» по дисциплине «Инженерная экология»/ — Электрон. текстовые данные.— Липецк: Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2013.— 18 с.—

Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/22909.html>

11. Расчёт параметров гравитационного пылеуловителя [Электронный ресурс]: методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Инженерная экология»/ — Электрон. текстовые данные.— Липецк: Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2013.— 27 с.—

Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/22921.html>

12. Гарин В.М. Промышленная экология [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Гарин В.М., Кленова И.А., Колесников В.И.— Электрон. текстовые данные.— М.: Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте, Маршрут, 2005.— 328 с.—

Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/16125.html>

13. Родионов, А. И. Техника защиты окружающей среды : учеб. для вузов / А. И. Родионов, В. Н. Клушин, Н. С. Торочешников, 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Химия, 1989. - 512 с. : ил. ; 21 см. - Гриф: допущено Гос. комитетом СССР по народ. образованию в качестве учеб. для студ. высш. учеб. заведений, обуч. по спец. "Охрана окруж. среды и рациональн. использ. природ. ресурсов".

Экземпляры всего: 9

14. Спейшер, В. А. Обезвреживание промышленных выбросов дожиганием [Текст] / В. А. Спейшер. - М. : Энергоатомиздат, 1986. - 168 с. : ил. ; 21 см. - Библиогр.: с. 162.

Экземпляры всего: 5

15. Лебедева Е.А. Экологическая оценка котельной установки и разработка нормативов предельно допустимых выбросов [Электронный ресурс]: методические указания/ Лебедева Е.А., Гордеев А.В., Лоцилова Е.В.— Электрон. текстовые данные.— Нижний Новгород: Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2012.— 59 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/16075.html>

Периодические издания из фонда библиотеки (Центральные журналы, рекомендованные ВАК)

16. Вестник Саратовского государственного технического университета (2008-2015): <http://elibrary.ru/contents.asp?titleid=9567>

17. Вестник МЭИ (Московского энергетического института). (2010-2015): <http://elibrary.ru/contents.asp?titleid=8518>

18. Альтернативная энергетика и экология (2010-2015): <http://elibrary.ru/contents.asp?titleid=8395>

19. Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики (2006-2015): <http://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7722>

20. Письма в международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология» (2010-2015): <http://elibrary.ru/contents.asp?titleid=9987>

ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ

(Профессиональные базы данных)

21. Онлайн Каталог для Термодинамики и Термомеханики: http://www.edibon.com/products/catalogues/ru/SUMMARIZED_CATALOGUE-4.pdf

22. <http://www.thermal.ru>, Электронный курс “Тепломассообмен в энергетических установках” А.П. Солодов

23. <http://twf.mpei.ac.ru/ТТНВ>, (<http://www.vpu.ru/mas>), Учебный сетевой ресурс “Интерактивные WEB-справочники по теплоэнергетике” Копылов А.С., Кондакова Г.Ю., Орлов К.А., Очков В.Ф., Чудова Ю.В., Яньков Г.Г.

ИСТОЧНИКИ ИОС

24. Методические указания для практических занятий :

[https://portal3.sstu.ru/Facult/EF/PT/13.04.01-1/m.1.1.7/DocLib/2.%20Учебно-методические%20материалы/2.1.%20Методические%20указания%20по%20проведению%20практических \(семинарских\) занятий/](https://portal3.sstu.ru/Facult/EF/PT/13.04.01-1/m.1.1.7/DocLib/2.%20Учебно-методические%20материалы/2.1.%20Методические%20указания%20по%20проведению%20практических%20(семинарских)%20занятий/)

25. Методические указания к выполнению курсовой работы:

[https://portal3.sstu.ru/Facult/EF/PT/13.04.01-1/m.1.1.7/DocLib/2. Учебно-методические материалы/2.3. Методические указания по выполнению КР \(КП\)/](https://portal3.sstu.ru/Facult/EF/PT/13.04.01-1/m.1.1.7/DocLib/2. Учебно-методические материалы/2.3. Методические указания по выполнению КР (КП)/)

26. Методические указания по организации СРС:

16. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Нормативы площадей: общая площадь не менее 10 кв.м. на одного обучающегося очной формы:

1/167 - 60 кв. м,

1/155 - 60 кв. м,

перечень и описание учебных аудиторий (специализированная учебная мебель, мультимедиа и наборы учебно-наглядных пособий, соответствующие примерным программам дисциплин и УМК):

учебные аудитории 1/167, 1/155, оборудованные мультимедийной техникой;

перечень и описание помещений для самостоятельной работы (компьютеры с выходом в Интернет):

компьютерный класс 1/152;

Информационное и учебно-методическое обеспечение

Электронно-библиотечная система, электронная библиотека вуза и электронная информационно-образовательная среда:

ресурсы библиотеки СГТУ;

лицензионное программное обеспечение (состав определяется в рабочей программе дисциплины и подлежит ежегодному обновлению):

- **Microsoft Office 2007;**

- **Microsoft Power Point 2010.**

использование наглядных пособий, оборудования, вычислительной техники (в том числе программного обеспечения) и др.

перечень оборудования информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости):

- **персональный компьютер;**

- **проектор;**

Перечень наглядных пособий и ТСО:

презентации к лекционным и практическим занятиям (см. ИОС).

17. Дополнения и изменения в рабочей программе