

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования
«ИРКУТСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

Структурное подразделение «Теплоэнергетики»

УТВЕРЖДЕНА:
на заседании кафедры
Протокол №7 от 10 марта 2025 г.

Рабочая программа дисциплины

«ОСОБЕННОСТИ АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО РАСЧЕТА КОТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК»

Направление: 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Технология производства электрической и тепловой энергии

Квалификация: Магистр

Форма обучения: очная

Документ подписан простой электронной
подписью
Составитель программы: Бочкарев Виктор
Александрович
Дата подписания: 20.06.2025

Документ подписан простой электронной
подписью
Утвердил и согласовал: Самаркина Екатерина
Владимировна
Дата подписания: 20.06.2025

Год набора – 2025

Иркутск, 2025 г.

1 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы

1.1 Дисциплина «Особенности аэродинамического расчета котельных установок» обеспечивает формирование следующих компетенций с учётом индикаторов их достижения

Код, наименование компетенции	Код индикатора компетенции
ПК-4 Способен организовывать разработки мероприятий, направленных на повышение эффективности и надежности работы КС и СОТ	ПК-4.2, ПК-4.5

1.2 В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы

Код индикатора	Содержание индикатора	Результат обучения
ПК-4.2	Способен оценивать эффективность и надежность аэродинамических характеристик котельных установок	Знать Конструкции и аэродинамические характеристики паровых и водогрейных котлов и схемы газоздушных трактов; влияние изменения нагрузки на котле на работу тягодутьевых машин. Уметь Пользоваться режимной картой котельной установки, определять аэродинамическое сопротивление газоздушного тракта. Владеть Методикой аэродинамического расчета котельной установки и навыками снижения аэродинамического сопротивления газоздушных
ПК-4.5	Разрабатывает мероприятия, направленные на повышение эффективности и надежности котельных установок	Знать Режимы работы и эксплуатации котельной установки; особенности работы тягодутьевых машин. Уметь Анализировать техническое состояние котельной установки; выполнять тепловой и аэродинамический расчет котельной установки. Владеть Навыками применения полученной информации при оптимизации схем газоздушных трактов при эксплуатации котельной установки.

2 Место дисциплины в структуре ООП

Изучение дисциплины «Особенности аэродинамического расчета котельных установок» базируется на результатах освоения следующих дисциплин/практик: «Современные методы проектирования ТЭС», «Современные технологии производства тепловой и электрической энергии»

Дисциплина является предшествующей для дисциплин/практик: «Оптимизация режимов эксплуатации ТЭС», «Проблемы энерго- и ресурсосбережения в теплоэнергетике, теплотехнике и теплотехнологиях», «Производственная практика: преддипломная практика»

3 Объем дисциплины

Объем дисциплины составляет – 5 ЗЕТ

Вид учебной работы	Трудоемкость в академических часах (Один академический час соответствует 45 минутам астрономического часа)		
	Всего	Семестр № 2	Семестр № 3
Общая трудоемкость дисциплины	180	72	108
Аудиторные занятия, в том числе:	65	26	39
лекции	26	13	13
лабораторные работы	0	0	0
практические/семинарские занятия	39	13	26
Самостоятельная работа (в т.ч. курсовое проектирование)	79	46	33
Трудоемкость промежуточной аттестации	36	0	36
Вид промежуточной аттестации (итогового контроля по дисциплине)	Экзамен, Курсовая работа, Зачет	Зачет	Экзамен, Курсовая работа

4 Структура и содержание дисциплины

4.1 Сводные данные по содержанию дисциплины

Семестр № 2

№ п/п	Наименование раздела и темы дисциплины	Виды контактной работы						СРС		Форма текущего контроля
		Лекции		ЛР		ПЗ(СЕМ)				
		№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Аэродинамический расчет котельных установок	1	1			1	1			Устный опрос
2	Принципиальные схемы газовоздушных трактов при	2	2			2	2	2	14	Устный опрос

	пылеугольном сжигании									
3	Принципиальные схемы газовоздушных трактов при сжигании газа и мазута	3	2			3	2	3	16	Устный опрос
4	Объем воздуха подаваемого на горение при сжигании твердого топлива, мазута и газа.									Устный опрос
5	Понятие о первичном и вторичном воздухе, подаваемом на горение	4, 5	4			6	2			Устный опрос
6	Определение расходов воздуха и дымовых газов в газовоздухопроводах.	6	2			4, 5	4			Устный опрос
7	Аэродинамика котельных агрегатов с вихревыми технологиями сжигания твердых топлив.	7	2			7	2	1	16	Устный опрос
	Промежуточная аттестация									Зачет
	Всего		13				13		46	

Семестр № 3

№ п/п	Наименование раздела и темы дисциплины	Виды контактной работы						СРС		Форма текущего контроля
		Лекции		ЛР		ПЗ(СЕМ)				
		№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Характеристики газовоздушных трактов котельных агрегатов	1	1			1, 2, 3, 4, 5, 7, 8	14			Устный опрос
2	Тягодутьевые машины. Требования к тягодутьевым машинам.	2	2			12	2	4	6	Устный опрос
3	Переменные режимы работы тягодутьевых машин.	3	2							Устный опрос

4	Газовоздухопроводы котельных агрегатов.	4	2			9, 10, 11	6			Устный опрос
5	Выбор скоростей в газовоздухопроводах.	5	2			6	2	2	6	Устный опрос
6	Расход электрической энергии на привод тягодутьевых машин.	6	2					1	15	Устный опрос
7	Перспективы развития в области тяги и дутья на тепловых электростанциях	7	2			13	2	3	6	Устный опрос
	Промежуточная аттестация								36	Экзамен, Курсовая работа
	Всего		13				26		69	

4.2 Краткое содержание разделов и тем занятий

Семестр № 2

№	Тема	Краткое содержание
1	Аэродинамический расчет котельных установок	Основные положения. Основные расчетные формулы. Характеристики воздуха и дымовых газов в котельных установках.
2	Принципиальные схемы газовоздушных трактов при пылеугольном сжигании	Схемы газовоздушных трактов для углей умеренной и высокой влажности, с низкой реакционной способностью.
3	Принципиальные схемы газовоздушных трактов при сжигании газа и мазута	Схемы газовоздушных трактов котлов при сжигании газа и мазута. Рециркуляция дымовых газов. Эксплуатация котлов под наддувом.
4	Объем воздуха подаваемого на горение при сжигании твердого топлива, мазута и газа.	Влияние способа сжигания органического топлива и его состава на объемы воздуха и продуктов сгорания.
5	Понятие о первичном и вторичном воздухе, подаваемом на горение	Определение расхода воздуха подаваемого на горение расчетным способом. Регулирование подачи первичного и вторичного воздуха.
6	Определение расходов воздуха и дымовых газов в газовоздухопроводах.	Приборы и методики определения расходов воздуха и дымовых газов. Обработка результатов измерений.
7	Аэродинамика котельных агрегатов с	Котельные агрегаты с вихревыми технологиями сжигания с горизонтальной и вертикальной осью вращения в ПАО Иркутскэнерго.

	вихревыми технологиями сжигания твердых топлив.	
--	--	--

Семестр № 3

№	Тема	Краткое содержание
1	Характеристики газоздушных трактов котельных агрегатов	Система характеристик газоздушных трактов. Характеристики газоздушных трактов типичных котельных агрегатов. Подбор тягодутьевых машин.
2	Тягодутьевые машины. Требования к тягодутьевым машинам.	Характеристики тягодутьевых машин. Конструкции тягодутьевых машин.
3	Переменные режимы работы тягодутьевых машин.	Влияние изменения характеристик сжигаемого угля и присосов воздуха на объем продуктов сгорания и воздуха, подаваемого на горение. Регулирование характеристик тягодутьевых машин.
4	Газовоздухопроводы котельных агрегатов.	Основные задачи при разработке газоздухопроводов. Аэродинамические сопротивления при движении газов и воздуха в элементах котельных агрегатов.
5	Выбор скоростей в газоздухопроводах.	Методика технико-экономических расчетов при выборе скоростей в газоздухопроводах. Влияние различных факторов на величину скорости газов, воздуха.
6	Расход электрической энергии на привод тягодутьевых машин.	Влияние нагрузки на котле на расход электрической энергии.
7	Перспективы развития в области тяги и дутья на тепловых электростанциях	Совершенствование по тягодутьевым трактам и тягодутьевым машинам.

4.3 Перечень лабораторных работ

Лабораторных работ не предусмотрено

4.4 Перечень практических занятий

Семестр № 2

№	Темы практических (семинарских) занятий	Кол-во академических часов
1	Характеристики воздуха и дымовых газов в котельных установках.	1
2	Схемы газоздушных трактов котельных установок.	2

3	Определение расхода воздуха подаваемого на горение	2
4	Определение объема дымовых газов, образующихся при горении органических топлив	2
5	Определение объема воздуха и дымовых газов инструментальным методом	2
6	Определение мощности электродвигателя дутьевого вентилятора при сжигании угля, мазута и природного газа.	2
7	Определение мощности электродвигателя дымососа при сжигании угля, мазута и природного газа.	2

Семестр № 3

№	Темы практических (семинарских) занятий	Кол-во академических часов
1	Определение аэродинамического сопротивления пароперегревателей	2
2	Определение аэродинамического сопротивления рекуперативных воздухоподогревателей.	2
3	Определение аэродинамического сопротивления рекуперативных воздухоподогревателей.	2
4	Определение аэродинамического сопротивления золоуловителей.	2
5	Определение аэродинамического сопротивления воздухоподогревателей по воздушному тракту.	2
6	Определение сечений газоходов.	2
7	Определение самотяги дымовой трубы	2
8	Особенности аэродинамического расчета котлов под наддувом.	2
9	Аэродинамический расчет котлов с рециркуляцией дымовых газов.	2
10	Сопротивление калориферов для подогрева воздуха.	2
11	Аэродинамическое сопротивление воздухопроводов горячего воздуха.	2
12	Характеристики дутьевых вентиляторов и дымососов.	2
13	Аэродинамический расчет котельных установок с вихревыми технологиями сжигания.	2

4.5 Самостоятельная работа

Семестр № 2

№	Вид СРС	Кол-во академических часов
1	Подготовка к зачёту	16

2	Подготовка к практическим занятиям	14
3	Проработка разделов теоретического материала	16

Семестр № 3

№	Вид СРС	Кол-во академических часов
1	Написание курсового проекта (работы)	15
2	Подготовка к практическим занятиям	6
3	Подготовка к экзамену	6
4	Проработка разделов теоретического материала	6

В ходе проведения занятий по дисциплине используются следующие интерактивные методы обучения: В ходе проведения лекций, практических используются следующие интерактивные методы обучения: групповые дискуссии.

5 Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины

5.1 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

5.1.1 Методические указания для обучающихся по курсовому проектированию/работе:

1. Аэродинамический расчет котельных установок: Нормативный метод/ Под ред. С.И. Мочана, Л.: Энергия, 1977. – 256 с.
2. Смородин С.Н., Иванов А.Н. Тепловой и аэродинамический расчеты котельных установок. ГОУ ВПО, СПб., 2005. – 200 с.
3. Вспомогательное оборудование тепловых электростанций / Л.А. Рихтер, Д.А. Елизаров, В.М. Лавыгин, М.: Энергоатомиздат, 1987. – 216 с.

5.1.2 Методические указания для обучающихся по практическим занятиям

1. Аэродинамический расчет котельных установок: Нормативный метод/ Под ред. С.И. Мочана, Л.: Энергия, 1977. – 256 с.
2. Тепловые схемы котлов. / А.А. Паршин, В.В. Митор, А.Н. Безгрешнов, - М.: Машиностроение, 1987. – 224 с.

5.1.3 Методические указания для обучающихся по самостоятельной работе:

1. Аэродинамический расчет котельных установок: Нормативный метод/ Под ред. С.И. Мочана, Л.: Энергия, 1977. – 256 с.
2. Рихтер Л.А. Газовоздушные тракты тепловых электростанций. М.: Энергия, 1984. – 263 с.
3. Левин И.М., Боткачик И.А. Эксплуатация тягодутьевых машин тепловых электростанций. М.: Энергия, 1977. – 272 с.

6 Фонд оценочных средств для контроля текущей успеваемости и проведения промежуточной аттестации по дисциплине

6.1 Оценочные средства для проведения текущего контроля

6.1.1 семестр 2 | Устный опрос

Описание процедуры.

Входной контроль проводится письменно в форме тестирования в начале изучения дисциплины на практическом занятии для определения уровня подготовки. Каждому студенту выдается набор тестов, в которых необходимо выбрать правильный ответ. После завершения тестирования оценивается уровень остаточных знаний.

Критерии оценивания.

Критерии оценки: Остаточные знания оцениваются удовлетворительными, если правильные ответы составляют не менее чем на 75%.

6.1.2 семестр 3 | Устный опрос

Описание процедуры.

Входной контроль проводится письменно в форме тестирования в начале изучения дисциплины на практическом занятии для определения уровня подготовки. Каждому студенту выдается набор тестов, в которых необходимо выбрать правильный ответ. После завершения тестирования оценивается уровень остаточных знаний.

Критерии оценивания.

Критерии оценки: Остаточные знания оцениваются удовлетворительными, если правильные ответы составляют не менее чем на 75%.

6.2 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

6.2.1 Критерии и средства (методы) оценивания индикаторов достижения компетенции в рамках промежуточной аттестации

Индикатор достижения компетенции	Критерии оценивания	Средства (методы) оценивания промежуточной аттестации
ПК-4.2	Способен определять состояние конструкций котельных установок, оценивать эффективность и надежность работы оборудования.	Устное собеседование по теоретическим вопросам. Наличие конспекта лекций. Тестирование остаточных знаний.
ПК-4.5	Способен разрабатывать мероприятия, направленные на повышение эффективности и надежности на основе расчета котельной установки.	Устное собеседование по теоретическим вопросам. Защита курсовой работы.

6.2.2 Типовые оценочные средства промежуточной аттестации

6.2.2.1 Семестр 2, Типовые оценочные средства для проведения зачета по дисциплине

6.2.2.1.1 Описание процедуры

Проводится устное собеседование по теоретическим вопросам. Оцениваются знания по ответам по дисциплине. Проверяется наличие выполненных и решенных задач на практических занятиях, наличие конспекта лекций.

Пример задания:

1. Принципиальные схемы газоздушных трактов при пылеугольном сжигании.
2. Принципиальные схемы газоздушных трактов при сжигании мазута.
3. Принципиальные схемы газоздушных трактов при сжигании газа.
4. Схемы газовых трактов котлов с рециркуляцией дымовых газов.
5. Особенности эксплуатации котлов под разрежением.
6. Особенности эксплуатации котлов под наддувом.
7. Характеристики первичного воздуха.
8. Характеристики вторичного воздуха.
9. Определение расхода воздуха подаваемого на горение.
10. Определение расхода воздуха, дымовых газов инструментальным методом.
11. Особенности аэродинамики топки у котлов с вихревыми технологиями сжигания.
12. Расчет сопротивления трения при движении газоздушных потоков.
13. Расчет местных сопротивлений при движении газоздушных потоков.
14. Влияние влажности угля на схему воздушного тракта.
15. Определение мощности электродвигателя дымососа, дутьевого вентилятора при сжигании угля, мазута и природного газа.

6.2.2.1.2 Критерии оценивания

Зачтено	Не зачтено
Наличие конспекта лекций, решения задач на практических занятиях. Правильные ответы по теоретическим вопросам не менее чем на 75%.	Отсутствие конспекта лекций, а так же отсутствие решенных задач на практических занятиях. Правильные ответы по теоретическим вопросам менее чем на 75%.

6.2.2.2 Семестр 3, Типовые оценочные средства для проведения экзамена по дисциплине

6.2.2.2.1 Описание процедуры

К экзамену допускается студент, выполнивший и решивший задачи на практических занятиях, выполнивший и защитивший курсовую работу. Проводится устное собеседование по теоретическим вопросам. Студент выбирает билет, в который включены два вопроса из перечня теоретических вопросов по дисциплине. На подготовку ответов

отводится необходимое время. Оцениваются знания по ответам по дисциплине.

Пример задания:

Вопросы для подготовки к сдаче экзамена:

1. Объемы воздуха и дымовых газов подаваемые тягодутьевыми машинами.
2. Принципиальные схемы газоздушных трактов.
3. Определение мощности электродвигателя дутьевого вентилятора при сжигании угля, мазута и природного газа.
4. Схема распределения давления в газоздушном тракте котельной установки при уравнированной тяги и наддуве.
5. Определение сечений газоздуховодов.
6. Расчётная схема газового тракта котельной установки.
7. Сопротивление трения.
8. Местные сопротивления.
9. Сопротивление при поперечном омывании пучка труб.
10. Гидравлическое сопротивление золоуловителя.
11. Сопротивление дымовой трубы.
12. Определение самотяги дымовой трубы.
13. Расчёт перепада полных давлений по газовому тракту.
14. Выбор типоразмера дымососа. Определение его производительности, напора и мощности привода.
15. Сводные графики характеристик центробежных дымососов одностороннего всасывания.
16. Сводный график характеристик центробежных дымососов двустороннего всасывания.
17. Сводный график характеристик осевых дымососов.
18. Аэродинамические характеристики центробежных дымососов одностороннего всасывания.
19. Сопротивление топочных и горелочных устройств.
20. Сопротивление воздухоподогревателей.
22. Сопротивление калориферов.
23. Аэродинамический расчет котельных установок с низкотемпературным вихревым сжиганием.
24. Определение расхода воздуха подаваемого на горение.

6.2.2.2 Критерии оценивания

Отлично	Хорошо	Удовлетворительн о	Неудовлетворительно
Глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязать теорию с	Твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допускает существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет	Имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической	Не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями отвечает по практическому применению навыков.

практикой, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, использует в ответе материал научной литературы, правильно обосновывает принятое решение.	теоретические положения при решении практических вопросов, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения.	последовательности в изложении программного материала, испытывает затруднения при ответах по практическому применению навыков.	
--	--	--	--

6.2.2.3 Семестр 3, Типовые оценочные средства для курсовой работы/курсового проектирования по дисциплине

6.2.2.3.1 Описание процедуры

Проводится устное собеседование по выполненной курсовой работы.. Оцениваются знания по ответам по выполненным расчетам.. Проверяется правильность выполненных расчетов и их оформление.

Пример задания:

Определить аэродинамическое сопротивление скрубберов при сжигании азейского угля в котле Пп-270-140._

6.2.2.3.2 Критерии оценивания

Отлично	Хорошо	Удовлетворительно	Неудовлетворительно
Курсовой проект выполнен в полном объеме и соответствует заданию. Пояснительная записка составлена с учетом требований стандартов по составлению текстовых	Курсовой проект выполнен в полном объеме и соответствует заданию. Пояснительная записка составлена с учетом требований стандартов по составлению текстовых	Курсовой проект выполнен в полном объеме и соответствует заданию. Пояснительная записка составлена с учетом требований стандартов по составлению текстовых документов, аккуратно, содержит	Курсовой проект выполнен в полном объеме и соответствует заданию. Пояснительная записка содержит все необходимые разделы, но составлена непоследовательно, с ошибками, без учета требований стандартов по составлению

документов, последовательно, аккуратно, содержит все необходимые разделы, приведенные расчеты верны и обоснованы. Графическая часть выполнена в полном объеме с соблюдением требований ЕСКД. Защита курсового проекта проведена технически грамотно, охватывает все разделы работы. Ответы на все поставленные вопросы верные, обоснованные и четкие.	документов, аккуратно, содержит все необходимые разделы, приведенные расчеты верны и обоснованы, но имеются некоторые замечания. Графическая часть выполнена с незначительными отступлениями от стандартов. При защите курсового проекта доклад студента краток, строен, но допущены неточности в определениях и специальной терминологии. Ответы на все поставленные вопросы верны, обоснованы, но на некоторые из них даны ответы после наводящих вопросов.	все необходимые разделы, приведенные расчеты верны и обоснованы, записка составлена не последовательно, с ошибками. Графическая часть выполнена с отклонениями от требований ЕСКД. Доклад студента сбивчив, не последователен. На 30-40% вопросов даны неправильные ответы.	текстовых документов. Доклад студента не последователен, сбивчив, без выделения ключевых моментов. Нет ответов на 50% и более поставленных вопросов.
---	--	--	---

7 Основная учебная литература

1. Рихтер Лев Александрович. Вспомогательное оборудование тепловых электростанций : учеб. пособие для вузов по спец. "Тепловые электр. станции" / Лев Александрович Рихтер, Дмитрий Павлович Елизаров, Василий Михайлович Лавыгин, 1987. - 215.

8 Дополнительная учебная литература и справочная

1. Аэродинамический расчет котельных установок : нормат. метод. / Центр. науч.-исслед. и проектно-конструкт. котлотурбинный ин-т им. И. И. Ползунова, 1977. - 255.

2. Вспомогательное оборудование тепловых электростанций. : учебное пособие для подготовки рабочих на производстве / Л. И. Другов [и др.], 1968. - 191.

3. Основы практической теории горения : учеб. пособие для энерг. спец. вузов / Под ред. В. В. Померанцева, 1986. - 309.

9 Ресурсы сети Интернет

1. <http://library.istu.edu/>
2. <https://e.lanbook.com/>

10 Профессиональные базы данных

1. <http://new.fips.ru/>
2. <http://www1.fips.ru/>

11 Перечень информационных технологий, лицензионных и свободно распространяемых специализированных программных средств, информационных справочных систем

1. Microsoft Windows Seven Professional [1x100] RUS (проведен апгрейд с Microsoft Windows Seven Starter [1x100]) - поставка 2010
2. Microsoft Office 2007 VLK (поставки 2007 и 2008)

12 Материально-техническое обеспечение дисциплины

1. 313963 Образец котла ТПЕ-215
2. "Макет электрофильтра Ново-Иркутской ТЭЦ"
3. "Макет котла БКЗ-420 Ново-Иркутской ТЭЦ"
4. Мультимедиа-проектор Acer X1261 DLP
5. Экран SHARMPION 206*274