

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«БРАТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра промышленной теплоэнергетики

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по учебной работе

_____ Е.И. Луковникова

«_____» _____ 201__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

КОТЛОАГРЕГАТЫ СРЕДНЕГО И ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ СЕРИИ БКЗ

ФТД.В.01

НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ

13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

ПРОФИЛЬ ПОДГОТОВКИ

Промышленная теплоэнергетика

Программа академического бакалавриата

Квалификация (степень) выпускника: бакалавр

СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ

1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ	3
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ	4
3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА ДИСЦИПЛИНЫ	4
3.1 Распределение объёма дисциплины по формам обучения.....	4
3.2 Распределение объёма дисциплины по видам учебных занятий и трудоемкости	5
4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	5
4.1 Распределение разделов дисциплины по видам учебных занятий	5
4.2 Содержание дисциплины, структурированное по разделам и темам	7
4.3 Лабораторные работы.....	14
4.4 Практические занятия.....	14
4.5 Контрольные мероприятия: курсовой проект (курсовая работа), контрольная работа, РГР, реферат	14
5. МАТРИЦА СООТНЕСЕНИЯ РАЗДЕЛОВ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ К ФОРМИРУЕМЫМ В НИХ КОМПЕТЕНЦИЯМ И ОЦЕНКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	15
6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ.....	16
7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	16
8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО – ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ» НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	17
9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ.....	18
9.1 Методические указания для обучающихся по выполнению практических работ	19
10 ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ	20
11 ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ	21
Приложение 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.....	22
Приложение 2. Аннотация рабочей программы дисциплины	25
Приложение 3. Протокол о дополнениях и изменениях в рабочей программе	26

1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Вид деятельности выпускника

Дисциплина охватывает круг вопросов, относящихся к научно-исследовательскому и производственно-технологическому видам профессиональной деятельности выпускника в соответствии с компетенциями и видами деятельности, указанными в учебном плане.

Цель дисциплины

- подготовка обучающихся к самостоятельному решению теоретических и прикладных задач в области охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов при работе теплоэнергетических объектов.

Задачи дисциплины

- подготовка обучающихся к самостоятельной деятельности по выполнению в условиях реального производства проектно-конструкторских и научно-исследовательских работ, а также эксплуатации котлоагрегатов при минимальных затратах энергетических, материальных и трудовых ресурсов, обеспечении охраны окружающей среды и техники безопасности.

Код компетенции	Содержание компетенций	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
ОК-7	способность к самоорганизации и самообразованию;	<p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - теоретические основы процессов теплообмена и теплопередачи тепловой энергии в энергетических установках; <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - рассчитывать энергетические показатели котлоагрегатов в различных режимах работы; <p>владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> - методиками расчета технико-экономических показателей котлоагрегатов.
ПК-7	способность обеспечивать соблюдение правил техники безопасности, производственной санитарии, пожарной безопасности, норм охраны труда, производственной и трудовой дисциплины	<p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - нормы охраны труда, производственной и трудовой дисциплины; <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - обеспечивать соблюдение правил техники безопасности; <p>владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> - правилами техники безопасности, производственной санитарии и пожарной безопасности.
ПК-10	готовность к участию в работах по освоению и доводке технологических процессов	<p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - теоретические основы энергетических процессов протекающих в котлоагрегатах при изменении их режимов; <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - рассчитывать технико-экономические показатели котлоагрегатов при сжигании различных топлив; <p>владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> - методами выбора структуры котельного и вспомогательного оборудования теплоисточников.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина ФТД.В.01 Котлоагрегаты среднего и высокого давления серии БКЗ относится к факультативам.

Дисциплина Котлоагрегаты среднего и высокого давления серии БКЗ базируется на знаниях, полученных при изучении учебных дисциплин: котельные установки и парогенераторы, техническая термодинамика, тепломассообмен, нагнетатели и тепловые двигатели.

Основываясь на изучении вышеперечисленных дисциплин, Котлоагрегаты среднего и высокого давления серии БКЗ представляют основу для выполнения выпускной квалификационной работы (ВКР), посвященной вопросам производства тепловой энергии.

Такое системное междисциплинарное изучение направлено на достижение требуемого ФГОС уровня подготовки по квалификации бакалавр.

3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА ДИСЦИПЛИНЫ

3.1. Распределение объема дисциплины по формам обучения (для набора 2014г., 2015г., 2016г., 2018 г.)

Форма обучения	Курс	Семестр	Трудоёмкость дисциплины в часах						Курсовая работа (проект), контрольная работа, реферат, РГР	Вид промежуточной аттестации
			Всего часов	Аудиторных часов	Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия	Самостоятельная работа		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Очная	4	8	72	34	17	-	17	38	-	зачет
Заочная	3	-	72	10	-	-	10	58	-	зачет
Заочная (ускоренное обучение)	3	-	72	10	-	-	10	58	-	зачет
Очно-заочная	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Распределение объема дисциплины по формам обучения (для набора 2017г.)

Форма обучения	Курс	Семестр	Трудоёмкость дисциплины в часах						Курсовая работа (проект), контрольная работа, реферат, РГР	Вид промежуточной аттестации
			Всего часов	Аудиторных часов	Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия	Самостоятельная работа		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Очная	4	8	72	34	17	-	17	38	-	зачет
Заочная	3	-	72	10	-	-	10	58	-	зачет
Заочная (ускоренное обучение)	3	-	72	4	-	-	4	64	-	зачет
Очно-заочная	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

3.2. Распределение объема дисциплины по видам учебных занятий и трудоемкости

<i>Вид учебных занятий</i>	<i>Трудо- емкость (час.)</i>	<i>в т.ч. в ин- терактив- ной, актив- ной, иннова- ционной формах, (час.)</i>	<i>Распре- деление по се- мест- рам, час</i>
			8
1	2	3	4
I. Контактная работа обучающихся с преподавателем (всего)	34	-	34
Лекции (Лк)	17	-	17
Практические занятия (ПЗ)	17	-	17
Групповые (индивидуальные) Консультации	+	-	+
II. Самостоятельная работа обучающихся (СР)	38	-	38
Подготовка к практическим занятиям	20	-	20
Подготовка к зачету в течение семестра	18	-	18
III. Промежуточная аттестация зачет	+	-	+
Общая трудоемкость дисциплины:..... час.	72	-	72
зач. ед.	2	-	2

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Распределение разделов дисциплины по видам учебных занятий

- для очной формы обучения:

<i>№ те- мы</i>	<i>Наименование темы дисциплины</i>	<i>Трудо- ем- кость, (час.)</i>	<i>Виды учебных занятий, включая само- стоятельную работу обучающихся и трудо-емкость; (час.)</i>		
			<i>учебные занятия</i>		<i>самосто- ятельная работа обучаю- щихся</i>
			<i>лекции</i>	<i>практические занятия</i>	
1	2	3	4	5	6
1	Характеристики и конструкции парогенераторов	46	6	17	23
1.1	Общие характеристики парогенера- торов	5	2	-	3
1.2	Прямоточные парогенераторы	21	2	9	10
1.3	Компоновка парогенераторов	20	2	8	10
2	Парогенераторы специального назначения	10	4	-	6
2.1	Парогенераторы с наддувом и высо- конапорные парогенераторы	5	2	-	3
2.2	Парогенераторы непрямого дей- ствия и с неводяными теплоносите- лями	5	2	-	3
3	Водогрейные и пароводогрейные агрегаты	16	7	-	9
3.1	Общие положения	6	3	-	3
3.2	Водогрейные агрегаты	5	2	-	3
3.3	Пароводогрейные агрегаты	5	2	-	3
	ИТОГО	72	17	17	38

- для заочной формы обучения:

№ темы	Наименование темы дисциплины	Трудоем- кость, (час.)	Виды учебных занятий, вклю- чая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость; (час.)	
			учебные занятия	само- стоя- тельная работа обучаю- щихся
			практические заня- тия	
1	2	3	4	5
1	Характеристики и конструкции паро- генераторов	38	10	28
1.1	Общие характеристики парогенераторов	4	-	4
1.2	Прямоточные парогенераторы	17	5	12
1.3	Компоновка парогенераторов	17	5	12
2	Парогенераторы специального назна- чения	12	-	12
2.1	Парогенераторы с наддувом и высокона- порные парогенераторы	6	-	6
2.2	Парогенераторы непрямого действия и с неводными теплоносителями	6	-	6
3	Водогрейные и пароводогрейные агре- гаты	18	-	18
3.1	Общие положения	6	-	6
3.2	Водогрейные агрегаты	6	-	6
3.3	Пароводогрейные агрегаты	6	-	6
	ИТОГО	68	10	58

- для заочной формы обучения (ускоренное обучение):

№ темы	Наименование темы дисциплины	Трудоем- кость, (час.)	Виды учебных занятий, вклю- чая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость; (час.)	
			учебные занятия	само- стоя- тельная работа обучаю- щихся
			практические заня- тия	
1	2	3	4	5
1	Характеристики и конструкции паро- генераторов	38	10	28
1.1	Общие характеристики парогенераторов	4	-	4
1.2	Прямоточные парогенераторы	17	5	12
1.3	Компоновка парогенераторов	17	5	12
2	Парогенераторы специального назна- чения	12	-	12
2.1	Парогенераторы с наддувом и высокона- порные парогенераторы	6	-	6
2.2	Парогенераторы непрямого действия и с неводными теплоносителями	6	-	6
3	Водогрейные и пароводогрейные агре- гаты	18	-	18
3.1	Общие положения	6	-	6

3.2	Водогрейные агрегаты	6	-	6
3.3	Пароводогрейные агрегаты	6	-	6
	ИТОГО	68	10	58

4.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам и темам

Раздел 1. Характеристики и конструкции парогенераторов.

Тема 1.1. Общие характеристики парогенераторов

В промышленности и на тепловых электростанциях широко распространены парогенераторы для выработки водяного пара различных параметров с естественной или принудительной циркуляцией. Иногда применяют парогенераторы особой конструкции и специализированного назначения, к которым относятся парогенераторы с промежуточными теплоносителями; парогенераторы с давлением в газовом тракте; парогенераторы для атомных электростанций, парогенераторы для использования тепла газов технологических и энерготехнологических агрегатов и пр.

В СССР стационарные парогенераторы, предназначенные для выработки пара, используемого технологическими и бытовыми потребителями, а также в турбоагрегатах для выработки электроэнергии, стандартизованы по параметрам и мощности. По ГОСТ 3619-69 предусматривается четыре ступени параметров пара. В первой ступени давление насыщенного или слабо перегретого пара 0,88, 1,37, 2,35 МПа, производительность от 0,16 до 75 т/ч. Парогенераторы низкого давления предназначаются для выработки пара, используемого производственными и бытовыми потребителями. Во второй ступени давление 3,93 МПа, температура пара до 450°С, производительность от 10 до 75 т/ч. Такие парогенераторы преимущественно используются на электростанциях малой мощности. В третьей ступени давление перегретого пара 9,81; 13,7 МПа, температура пара 530, 565° С и производительность 90—640 т/ч. В четвертой ступени давление перегретого пара 25 МПа, температура пара 565°С и производительность 950, 1600 и 2500 т/ч. Первая ступень энергетических параметров пара 3,93 МПа, 440°С принята исходя из возможности выполнения пароперегревателя и ступеней высокого давления турбины из углеродистой стали. Температура труб пароперегревателя при этом будет не выше 500° С. Давление 3,93 МПа принято по условию допустимой конечной влажности пара в ступенях низкого давления турбины 10—12%.

Высокие параметры пара — давление 9,81 МПа по ГОСТ соответствует максимально допустимому при принятой температуре пара 540°С, при котором конечная влажность пара в турбине не превышает 12%.

Параметры 13,7 МПа, 570—545° С выбраны исходя из условий возможного повышения начального давления при наличии промежуточного перегрева пара и сохранении при этом допустимой конечной влажности пара. Значения сверхвысоких параметров пара определяются условиями надежной работы современных легированных марок сталей. Ведутся работы по применению пара и более высоких параметров. Имеются опытные установки с давлением 29,4 МПа и 600° С.

Парогенераторы для выработки пара высокого и сверхвысокого (25 МПа) давления предназначаются для тепловых электростанций средней и большой мощности; наибольшей производительности для энергоблоков. Шкалы давления и производительности энергетических парогенераторов в ГОСТ приняты соответственно параметрам пара и мощности стандартизованных турбоагрегатов исходя из установки одного-двух парогенераторов на турбоагрегат. Стандартизация параметров пара и мощности стационарных парогенераторов, введенная у нас еще в предвоенные годы, позволила организовать серийное их производство, что существенно уменьшило стоимость изготовления парогенераторов и необходимого для них вспомогательного оборудования, а также обеспечило применение наиболее рациональных решений в энергетике. Следует отметить, что за рубежом, в частности в США, Англии, Японии и др., характерно строительство и применение парогенераторов нестандартизированных параметров и мощностей, что затрудняет серийное производство парогенераторов и обуславливает в ряде случаев недостаточную обоснованность принимаемых при этом технических решений. Преимущественно применяемые в промышленности парогенераторы с естественной и принудительной циркуляцией принципиально отличаются только организацией гидродинамики в испарительных поверхностях нагрева.

В парогенераторах с естественной циркуляцией питательная вода подается насосом в водяной экономайзер и из него в верхний барабан. В процессе естественной циркуляции, возникающей в испарительных поверхностях нагрева, образовавшаяся пароводяная смесь направляется в бара-

бан, в котором происходит разделение пара и воды. Из барабана пар направляется в пароперегреватель и после его перегрева к потребителям. При критическом давлении в парогенераторе естественная циркуляция невозможна. Это положение, а также условия надежности циркуляции, увеличение веса и стоимости по мере повышения давления в парогенераторе определили применение парогенераторов с естественной циркуляцией при давлении до 13,7 МПа. Парогенераторы низкого и среднего давления преимущественно выполняются с естественной циркуляцией, что объясняется в основном менее жесткими требованиями к качеству питательной воды, более простой системой автоматизации процессов горения и питания и отсутствием затрат электроэнергии на осуществление движения рабочей среды в испарительной системе. В парогенераторах с многократной принудительной циркуляцией питательная вода подается насосом в водяной экономайзер и далее в барабан. В испарительных поверхностях нагрева циркуляция осуществляется принудительно за счет работы насоса, включенного в контур циркуляции. Разделение пара и воды происходит в барабане, из которого пар направляется в пароперегреватель и далее к потребителям.

Парогенераторы с многократной принудительной циркуляцией применяются в основном для использования тепла газов технологических и энерготехнологических агрегатов для выработки пара низких и средних параметров. При высоком давлении в таких парогенераторах усложняются конструкция и условия работы циркуляционных насосов, работающих на воде с температурой более 300° С. Поэтому при давлении 13,7 МПа и выше на районных КЭС и ТЭЦ обычно применяются прямоточные парогенераторы. В прямоточных парогенераторах экономайзер, испарительная поверхность нагрева и пароперегреватель конструктивно объединены и, проходя их последовательно, вода нагревается, испаряется и образовавшийся пар перегревается, после чего направляется к потребителям. Полное испарение воды происходит за время однократного прямоточного прохождения воды в испарительной части поверхности нагрева. Отсутствие барабана в прямоточных парогенераторах высокого давления (13,7 МПа) существенно (на 8—10%) снижает затраты металла на изготовление парогенератора по сравнению с барабанным парогенератором такой же мощности и давления. Парогенераторы с давлением 25 МПа выполняются только прямоточными. Имеются многочисленные конструкции всех типов парогенераторов, что определяется многими взаимодействующими факторами, влияющими на выбор того или иного технического решения. Такими основными факторами являются параметры пара, паропроизводительность, вид топлива и способ его сжигания, характеристика питательной воды, требуемые эксплуатационные показатели. Общие тенденции развития конструкций парогенераторов определяются требованиями повышения надежности и тепловой экономичности работы, т. е. увеличения к. п. д. брутто и нетто, снижения удельных затрат металла, стоимости изготовления и монтажа, уменьшения вредных выбросов, обеспечения безопасности работы и облегчения труда персонала.

Тема 1.2. Прямоточные парогенераторы

Организация испарения воды и перегрева пара при прямоточном движении потока была реализована в ряде конструкций парогенераторов в период с 1920 по 1930 г. На рис. 13-8 показаны схемы получивших дальнейшее развитие и применение прямоточных парогенераторов Рамзина, Бенсона — Сименса и Зульцера.

В СССР прямоточные парогенераторы большой паропроизводительности при высоких и сверхвысоких параметрах пара широко применяются на современных блочных тепловых электростанциях. Такие парогенераторы выпускаются промышленностью для работы на различных видах топлива производительностью 270; 640 и 660 т/ч с начальными параметрами пара 13,7 МПа (140 кгс/см²), 570° С и промежуточным перегревом до 570°С, а также производительностью 950, 1600 и 2500 т/ч с параметрами пара 25 МПа (255 кгс/см²), 565° С и промежуточным перегревом его до 570° С. На промышленных предприятиях и на небольших электростанциях прямоточные парогенераторы в настоящее время не используются вследствие следующих причин: нецелесообразности применения пара сверхвысоких параметров в парогенераторах относительно небольшой мощности; высоких требований к питательной воде, обеспечение требуемого качества которой затруднено вследствие повышенных потерь конденсата пара; дополнительных расходов электроэнергии на осуществление циркуляции среды в поверхностях нагрева и усложнение систем автоматического регулирования. На рис. 13-9 в качестве примера конструкции прямоточного парогенератора высокого давления показан однокорпусной парогенератор ПК-33-1 энергоблока 200 МВт производительностью 640 т/ч (178 кг/с) на параметры пара 13,7 МПа (140 кгс/см²) и 570/570° С, предназна-

ченный для работы на буром угле, а на рис. 13-9 — схема его пароводяного тракта. На фронте топки с сухим шлакоудалением установлены в два яруса 12 щелевых горелок. Для предотвращения шлакования задней стенки топки часть вторичного воздуха подается через 18 шлиц, расположенных на ней в три яруса. Экраны на стенках топки выполнены в виде горизонтальных пакетов с навивкой их по схеме парогенераторов Рамзина.

Два двухсветных экрана разделяют топку на три обособленных отсека. На участке от края холодной воронки до горизонтального газохода двухсветные экраны образованы из горизонтальных труб, являющихся продолжением труб настенных экранов. Экраны разделены на три части — НРЧ, СРЧ и ВРЧ (нижняя, средняя и верхняя радиационная часть). Все экраны опираются на подвесные трубы, охлаждаемые питательной водой, выполненные в виде И-образных петель для фронтальной и боковых стенок топки, подъемных для двухсветного экрана и экрана задней стенки топки, и многопетлевых для экрана горизонтального газохода. Подвесные трубы поддерживают и натрубную обмуровку. В горизонтальном газоходе расположен двухступенчатый ширмовой пароперегреватель. Первая ступень подогрева воздуха осуществляется в выносном регенеративном воздухоподогревателе. Первичный тракт и тракт промежуточного перегрева разделены на два регулируемых потока с расположением поверхностей нагрева каждого в правой и левой частях агрегата. Рабочая среда в первичном тракте проходит последовательно через следующие элементы: подвесные трубы, конвективный экономайзер, НРЧ, где вода нагревается до кипения и испаряется до 70% паросодержания, вынесенную переходную зону испарения, ВРЧ, потолочный экран, две ступени ширмовых пароперегревателей и конвективный пакет. Промежуточный пароперегреватель состоит из двух конвективных пакетов, разделенных переходной испарительной зоной. Температура пара промежуточного перегрева регулируется байпасированием пара. Все пароперегреватели изготовлены из перлитной стали.

В прямоточных парогенераторах, выпускаемых в настоящее время в СССР, преимущественно применяются вертикальные экранные панели, соединенные последовательно по ходу рабочей среды, что дает возможность блочного изготовления парогенератора и поставки его с завода-изготовителя в виде готовых блоков с элементами обмуровки и каркаса, что облегчает и ускоряет монтажные работы.

Тема 1.3. Компоновка парогенераторов

Под компоновкой парогенератора подразумевается взаимное расположение газоходов и поверхностей нагрева. В СССР и за рубежом применяются компоновки парогенераторов по схемам на рис. 13-10.

Наиболее распространена П-образная компоновка. Преимуществами ее являются подача топлива в нижнюю часть топки и вывод продуктов сгорания из нижней части конвективной шахты. Недостатки этой компоновки — неравномерное заполнение газами топочной камеры и неравномерное омывание продуктами сгорания поверхностей нагрева, расположенных в верхней части агрегата, а также неравномерная концентрация золы по сечению конвективной шахты.

Т-образная компоновка с двумя конвективными шахтами, расположенными по обе стороны топки с подъемным движением газов в топке, позволяет уменьшить глубину конвективной шахты и высоту горизонтального газохода, но наличие двух конвективных шахт усложняет отвод газов.

Трехходовая компоновка агрегата с двумя конвективными шахтами иногда применяется при верхнем расположении дымососов. Четырехходовая компоновка с двумя вертикальными переходными газоходами, заполненными разряженными поверхностями нагрева, применяется при работе агрегата на зольном топливе с легкоплавкой золой.

Башенная компоновка используется для пиковых парогенераторов, работающих на газе и мазуте в целях использования самотяги газоходов. При этом возникают затруднения, связанные с осуществлением опорной конструкции для конвективных поверхностей нагрева

U-образная компоновка с инверторной топкой с нисходящим в ней потоком продуктов сгорания и подъемным их движением в конвективной шахте обеспечивает хорошее заполнение топки факелом, низкое расположение пароперегревателей и минимальное сопротивление воздушного тракта вследствие малой длины воздухопроводов. Недостаток такой компоновки — ухудшенная аэродинамика переходного газохода, обусловленная расположением горелок дымососов и вентиляторов на большей высоте. Такая компоновка может оказаться целесообразной при работе агрегата на газе и мазуте.

Раздел 2. Парогенераторы специального назначения.

Тема 2.1. Парогенераторы с наддувом и высоконапорные парогенераторы

В отличие от парогенераторов, работающих под разрежением с газовой стороны, в парогенераторах с наддувом и в высоконапорных парогенераторах в топочной камере и в газоходах создается давление, относительно небольшое у парогенераторов с наддувом (0,005—0,01 МПа) и повышенное — у высоконапорных парогенераторов (0,5—0,7 МПа).

Работа парогенератора под давлением характеризуется рядом положительных особенностей. Так, полностью исключаются присосы воздуха в топку и газоходы, что приводит к уменьшению потери тепла с уходящими газами, а также к снижению расхода электроэнергии на их перекачку. Повышение давления в топочной камере открывает возможность преодоления всех воздушных и газовых сопротивлений за счет дутьевого вентилятора (дымососная тяга может отсутствовать), что также приводит к уменьшению расхода электроэнергии в связи с работой дутьевого устройства на холодном воздухе.

Создание избыточного давления в топочной камере приводит к соответствующей интенсификации процесса горения топлива и позволяет существенно повысить скорости газов в конвективных элементах парогенератора до 200—300 м/с. При этом увеличивается коэффициент теплоотдачи от газов к поверхностям нагрева, что приводит к уменьшению габаритов агрегата. Вместе с тем работа агрегата под давлением требует плотной обмуровки и различных приспособлений против выбивания продуктов сгорания в помещение.

На рис. 14-1 показана схема парогазовой установки (ПГУ) с высоконапорным парогенератором. Сжигание топлива в топке такого парогенератора происходит под давлением до 0,6—0,7 МПа, что приводит к значительному сокращению затрат металла на тепловоспринимающие поверхности. После парогенератора продукты сгорания поступают в газовую турбину, на валу которой находятся воздушный компрессор и электрогенератор. Пар из парогенератора поступает в турбину с электрогенератором.

Термодинамическая эффективность комбинированного парогазового цикла с высоконапорным парогенератором, газовой и пароводяной турбиной показана на рис. 14-2. На T— Δ -диаграмме площади 1—2—3—4 — работа газовой ступени, площадь $a\alpha\beta\gamma$ — работа паровой ступени; 1—5—6—7 — потеря тепла с уходящими газами; $cb\delta H$ — потеря тепла в конденсаторе. Газовая ступень частично надстраивается над паровой ступенью, что приводит к значительному увеличению термического я. п. д. установки. Находящийся у нас в эксплуатации высоконапорный парогенератор, разработанный ЦКТИ, имеет производительность 62,5 кг/с. Парогенератор водотрубный с принудительной циркуляцией. Давление пара 14 МПа, температура перегретого пара 545° С. Топливо—газ (мазут), сжигается с объемной плотностью тепловыделения около 4 МВт/м³. Выходящие из парогенератора продукты сгорания при температуре до 775° С и давлении до 0,7 МПа расширяются в газовой турбине до давления, близкого к атмосферному. Отработавшие газы при температуре 460° С поступают в водяной экономайзер, за которым уходящие газы имеют температуру около 120° С.

В комбинированных ПГУ удельный расход топлива на 4—6% меньше, чем в обычной паротурбинной, снижаются также капиталовложения.

На рис. 14-3 показана схема со сбросом в топку парогенератора отработавших газов газовой турбины. В современных газовых турбинах по условиям работы металла начальная температура газов не должна превышать 750—800° С. В связи с этим, чтобы снизить температуру воздуха, поступающего в парогенератор, устанавливаются воздухоподогреватели. Снижение температуры уходящих газов достигается подачей в парогенератор части относительно холодной воды, минуя регенеративные подогреватели. В такой парогазовой установке достигается снижение удельного расхода топлива на 3—4%.

Тема 2.2. Парогенераторы непрямого действия и с неводяными теплоносителями

Появление парогенераторов непрямого действия было связано со стремлением повысить надежность испарительных поверхностей нагрева при работе на недостаточно очищенной питательной воде. Примером парогенератора с непрямым испарением воды является двукон-

турный водо-водяной агрегат. Принципиальная схема такого парогенератора показана на рис. 14-4.

В топочной камере размещены испарительные поверхности первичного контура, заполненные конденсатом, что обеспечивает работу контура без накипи. Образующийся в первичном контуре пар высокого давления направляется в барабан-испаритель, в котором испаряет воду, поступающую в барабан из экономайзера. Конденсирующийся пар первичного контура вновь поступает в испарительную поверхность, а образующийся в барабане-испарителе вторичный пар направляется в пароперегреватель и затем к потребителю. При работе такого двухконтурного водо-водяного парогенератора соли, содержащиеся в питательной воде, откладываются на поверхностях труб вторичного испарительного контура, что приводит к существенному уменьшению коэффициента теплоотдачи. Для возможности передачи тепла от первичного контура ко вторичному разность давлений между ними поддерживается в 3—5 МПа. Наличие двух пароводяных контуров и двух барабанов определяет большие затраты металла и более высокую стоимость такого агрегата по сравнению с современными.

Для выработки водяного пара на органическом топливе такие двухконтурные водо-водяные парогенераторы распространения не получили. Однако их принцип работы использован в рассматриваемых далее специальных парогенераторах с неводяными теплоносителями, а также в парогенераторах атомных электростанций (см. гл. 18).

Применение неводяных теплоносителей связано в большинстве случаев со стремлением иметь рабочее вещество с высокой температурой кипения при низком давлении. Такими теплоносителями, используемыми для парогенераторов, в частности, являются органические вещества типа дифенила, расплавленные натрий и калий и их соли и др. Ниже приводятся температуры кипения и плавления некоторых теплоносителей при атмосферном давлении (0,098 МПа)— табл. 14-1.

При относительно небольших давлениях для высококипящих теплоносителей температура кипения существенно возрастает. Так, например, температура кипения ВОТ при давлении 0,7 МПа равна 370° С.

Неводяные теплоносители используются в первом контуре двух- и трехконтурных парогенераторов с целью выработки водяного пара при низком давлении в первичном контуре. Жидкометаллические теплоносители (K^T , К) используются в парогенераторах атомных электростанций В качестве промежуточного теплоносителя для парогенераторов некоторое применение нашел высококипящий органический теплоноситель ВОТ, представляющий собой эвтектическую смесь дифенила и дифенильного эфира. Двухконтурные парогенераторы с ВОТ используются на промышленных предприятиях для выработки технологического пара из питательной воды низкого качества при малом давлении в первичном контуре, а также для получения высокой температуры стенки поверхностей нагрева, исключая выпадение «росы». Как это видно из вышеприведенных данных, дифенильная смесь при атмосферном давлении имеет температуру кипения 258° С. Для достижения такой температуры при работе на воде давление в контуре должно быть около 0,4 МПа.

Дифенильная смесь — бесцветная жидкость с резким запахом, практически не смешивается с водой, имеет плотность, близкую к плотности воды, теплоемкость ее примерно в полтора раза, а теплопроводность примерно в 4 раза меньше, чем для воды. Дифенильная смесь имеет достаточную термическую стойкость до температуры 385° С, горюча, но практически не взрывоопасна и не токсична.

На рис. 14-5 показана принципиальная схема парогенератора с ВОТ в качестве промежуточного теплоносителя. В газотрубном парогенераторе, использующем тепло горячих газов после обжиговой серосодержащей печи, испаряется ВОТ, пары которого направляются в теплообменник. В теплообменнике за счет тепла ВОТ испаряется питательная вода с получением водяного пара, а образующийся конденсат ВОТ вновь поступает в газотрубный Парогенератор. На рисунке показаны устройства для заполнения агрегата промежуточным теплоносителем в период растопки. Применение ВОТ при низком давлении обеспечивает температуру стенки газотрубного парогенератора более 250° С, что исключает образование на трубках агрегата серной кислоты из отходящих газов, для которых температура точки росы высока (около 200° С). Парогенераторы с ВОТ используются также для промышленных предприятий с целью получения высокотемпературного теплоносителя, применяемого для ряда технологических химических производств (выпарка перегонка и др.).

Как уже отмечалось, в парогенераторах используются и различные высококипящие жидко-металлические теплоносители. Применение их для парогенераторов атомных электростанций рассматривается в гл. 18.

Раздел 3. Водогрейные и пароводогрейные агрегаты.

Тема 3.1. Общие положения

Назначением водогрейных агрегатов (водогрейных котлов) является получение горячей воды заданных параметров. Водогрейные агрегаты применяют в системах централизованного теплоснабжения промышленности и жилищно-коммунального хозяйства, а также для покрытия пиковых нагрузок в теплофикационных системах. Такие агрегаты, работающие обычно по прямоточному принципу с постоянным расходом воды, подогревают сетевую воду от 70—104 до 150—170° С. В последнее время имеется тенденция к повышению температуры подогрева воды до 180—200° С. В пароводогрейных агрегатах наряду с получением горячей воды вырабатывается технологический пар.

Водогрейные агрегаты изготавливаются у нас сейчас на тепловую мощность от 4,65 до 210 МВт, т. е. на теплопроизводительность 4—180 Гкал/ч. Для агрегатов производительностью до 23,3 МВт давление воды на входе принимается 1,6 МПа, а температура воды на выходе до 150° С. Для агрегатов производительностью 35 МВт и выше давление воды на входе составляет 2,5 МПа, температура воды на выходе до 200° С.

Для водо- и пароводогрейных агрегатов, как и для парогенераторов, температура воды на входе должна быть выше температуры точки росы для продуктов сгорания во избежание интенсивной наружной коррозии труб. В связи с этим температура воды: на входе в водо- и пароводогрейные агрегаты должна быть не ниже 60° С при работе на природном газе, 70° С — при работе на малосернистом мазуте и не ниже 110° С — при работе на высокосернистом мазуте. Учитывая, что поступающая из теплосети обратная (холодная) вода имеет обычно температуру ниже 60° С, часть прямой (горячей) воды с помощью рециркуляционных насосов подмешивают к обратной воде для достижения необходимой температуры воды на входе в агрегат.

В промышленности и жилищно-коммунальном хозяйстве имеется значительное количество водогрейных агрегатов, изготовленных за последние годы различными заводами. Такие унифицированные агрегаты созданы для работы на газе, мазуте и твердом топливе. Конструктивные схемы и особенности работы некоторых из этих агрегатов рассматриваются далее

Тема 3.2. Водогрейные агрегаты

Широкое распространение нашли газомазутные башенные водогрейные агрегаты типа ПТВМ теплопроизводительностью 58, 116 и 210 МВт. На рис. 15-1 для примера показан пиковый теплофикационный агрегат ПТВМ-50 Дорогобужского котельного завода; Теплопроизводительность агрегата 58 МВт. Топочная камера агрегата экранирована трубами диаметром 60 x X 3 мм. На выходе из топки установлены 17-образные конвективные ширмы из труб диаметром 28 X 3 мм.

Агрегат оборудован 12 газомазутными горелками, установленными на боковых стенках, с индивидуальными дутьевыми вентиляторами. Изменение теплопроизводительностей при постоянном расходе воды достигается изменением количества работающих горелок, что приводит к изменению температурного перепада в сетевой воде. Обмуровка агрегата — облегченная натрубная. Очистка поверхностей нагрева от наружных загрязнений осуществляется обмывкой щелочной водой. Рабочее давление воды 1— I 2,5 МПа. Температура на входе в агрегат при теплофикационном режиме 70° С, а при пиковом 104° С. Температура воды на выходе 150° С. Примерная температура уходящих газов при I³ работе на мазуте 250° С, а при работе на газовом топливе 220° С. Коэффициент полезного действия агрегата 83—85%. Башенные агрегаты ПТВМ предназначены для работы с естественной тягой, в связи с чем они снабжались стальной дымовой трубой, опирающейся на каркас установки.

Эксплуатация башенных водогрейных агрегатов типа ПТВМ на мазуте установила ряд существенных их недостатков. Очистка конвективных поверхностей нагрева от наружных загрязнений с помощью обмывки оказалась малоэффективной, что приводило к значительному снижению теплопроизводительности агрегата и коррозии поверхностей нагрева. Коррозии нагревательных

элементов способствовало также стекание кислого конденсата с внутренней поверхности дымовой трубы. Выпуск таких агрегатов прекращен.

На рис. 15-2 показан газомазутный водогрейный агрегат типа ПТВМ-ЗОМ с П-об-разной компоновкой поверхностей нагрева, положительно зарекомендовавший себя при эксплуатации. Расчетная теплопроизводительность агрегата 35 МВт. Конвективная поверхность расположена в опускной шахте с экранированными стенками.

Циркуляционная схема агрегата ПТВМ-ЗОМ показана на рис. 15-3. Вход воды осуществляется в фронтальной экран топочной камеры, а выход воды — из бокового экрана топки. Обмуровка агрегата выполнена облегченной с креплением к трубам. Температура воды на входе 70° С, температура на выходе 150° С. Температура уходящих газов при работе на газе 188° С, а при работе на мазуте 250° С. Коэффициент полезного действия агрегата соответственно 91 и 88%.

В последнее время выпуск водогрейных агрегатов осуществляется на основе унифицированных серий. Серия унифицированных водогрейных агрегатов для работы на газе, жидком и твердом топливах разработана ЦКТИ совместно с Дорогобужским и Барнаульским котельными заводами. На рис. 15-4 показан агрегат типа КВ-ГМ (водогрейный, газомазутный). Такой агрегат газомазутной ротационной горелки необходимой теплопроизводительности с автономным вентилятором. Для очистки от загрязнений наружных поверхностей труб конвективной шахты (при работе на мазуте) применяется дробеочистная установка.

Для работы на твердом топливе применяются агрегаты типа КВ-ТС (водогрейный, твердое топливо, слоевое сжигание) и КВ-ТСВ (с воздухоподогревателем). Водогрейные агрегаты КВ-ГМ, КВ-ТС и КВ-ТСВ изготавливаются из одних и тех же элементов.

Значительная интенсификация работы водогрейных агрегатов с уменьшением расхода металла на их изготовление и сокращением строительных габаритов достигается при применении циклонных предтопок для сжигания газа и мазута. На рис. 15-5 показан малогабаритный водогрейный агрегат теплопроизводительностью 58 МВт с тремя циклонными предтопками. Диаметр и длина циклонной камеры $O_{ц} = B_{а} = 1250$ мм. Основное количество холодного воздуха поступает в камеру со скоростью 40—50 м/с через тангенциально расположенные сопла. Для подачи вторичного воздуха (до 30% общего количества) в центральной части днища камеры установлена улитка. При работе на газовом топливе оно подводится через отверстия со скоростью до 150 м/с по всей ширине воздушного сопла. При работе на жидком топливе механические или паромеханические форсунки устанавливаются в воздушных соплах перпендикулярно потоку воздуха. Это улучшает распыливание мазута и расширяет диапазон регулирования производительности форсунок, которые в этом случае обеспечивают удовлетворительное распыливание мазута даже при давлении около 0,2 МПа. Внутренние стенки циклонной камеры открыты (не футерованы). Стенки циклона охлаждаются сетевой водой. При циклонном сжигании мазута в камере поддерживают малый коэффициент расхода воздуха (около 1,05), что резко уменьшает загрязнение и коррозию конвективных поверхностей нагрева водогрейного агрегата. При сжигании мазута в предтопке плотность тепловыделения на сечение циклона составляет = 17,5—18,5 МВт/м² при величине химической неполноты сгорания — не более 1—1,5%. Имеются также циклонные камеры с большим диаметром (1600 мм), обеспечивающие эффективное сжигание мазута в предтопке теплопроизводительностью порядка 30 МВт.

Тема 3.3. Пароводогрейные агрегаты

В последние годы начинают находить применение комбинированные пароводогрейные агрегаты для одновременного получения горячей воды и технологического пара давлением от 0,7 до 2 МПа. Комбинированные агрегаты созданы как на базе водогрейных, так и на базе паровых агрегатов.

На рис. 15-6 показана схема пароводогрейного агрегата, созданного на основе рассмотренного выше водогрейного агрегата ПТВМ-ЗОМ. В комбинированном агрегате предусмотрена возможность использования части экранных поверхностей нагрева (боковых экранов) в качестве парообразующих элементов с работой по схеме с естественной циркуляцией на выносные разделительные циклоны. В случае необходимости эти поверхности нагрева могут использоваться как водогрейные, для чего предусмотрены соответствующие переключения в водопаровых контурах. Питание парообразующей части комбинированного агрегата может осуществляться от общей напорной линии сетевой воды без установки специальных питательных насосов, а также с

использованием дополнительных питательных насосов. Качество добавочной питательной воды должно соответствовать требованиям, предъявляемым к питательной воде парогенераторов низкого давления.

Имеются комбинированные паро- водогрейные агрегаты, разработанные на базе водогрейных унифицированных установок типа КВ-ГМ на теплопроизводительность 116 и 210 МВт, а также на базе парогенераторных установок, в частности с использованием парогенератора типа ДКВР, в барабане которого происходит подогрев сетевой воды при одновременном отпуске пара. На рис. 15-7 показано внутрибарабанное устройство парогенератора ДКВР производительностью 2,78 кг/с с приспособлением для подогрева сетевой воды. Вода из теплосети, пройдя регулирующий клапан 1, вентиль 2, обратный клапан 3 и коллектор 4, поступает в успокоительный короб, а затем в водораспределительный короб. Через отверстия диаметром 6 мм вода из водораспределительного короба струями сливается в барабан, нагреваясь до 70—75° С за счет пара, выходящего из экранных труб. Частично нагретая вода, двигаясь по направляющим листам 5, поступает на барботажный лист 6, на котором догревается до температуры насыщения паром, образованным в подъемных трубах кипяточного пучка. Горячая вода через заборное устройство 7 отводится из барабана в теплосеть.

В пароводогрейных агрегатах отпуск тепла в виде горячей воды и пара может осуществляться в любых соотношениях. Однако выработка пара должна быть не менее 2 %, чтобы обеспечить удаление из агрегата неконденсирующихся газообразных веществ. Если теплопроизводительность пароводогрейного агрегата составляет <5., МВт, то количество сетевой воды, которое может быть нагрето в агрегате, определяется по формуле, кг/с. Давление в барабане пароводогрейного агрегата определяется давлением, необходимым в тепловой сети.

Пароводогрейные агрегаты применимы как в открытых, так и в закрытых схемах горячего водоснабжения. Комбинированные агрегаты находят все расширяющееся применение в промышленности. Наряду с этим для нужд народного хозяйства создаются также комбинированные агрегаты, которые могут попеременно в зависимости от необходимости выдавать горячую воду или пар.

4.3. Лабораторные работы

Учебным планом не предусмотрено.

4.4. Практические занятия

№ п/п	Номер раздела дисциплины	Наименование тем практических занятий	Объем в часах	Вид занятия в интерактивной, активной, инновационной формах, (час.)
1	1.	Поверочный расчет второй ступени пароперегревателя	9	-
2	1.	Конструктивный расчет первой ступени пароперегревателя	8	-
ИТОГО			17	-

4.5. Контрольные мероприятия: курсовой проект (курсовая работа), контрольная работа, РГР, реферат.

Учебным планом не предусмотрено.

5. МАТРИЦА СООТНЕСЕНИЯ РАЗДЕЛОВ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ К ФОРМИРУЕМЫМ В НИХ КОМПЕТЕНЦИЯМ И ОЦЕНКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

<i>№, наименование разделов дисциплины</i>	<i>Кол-во часов</i>	<i>Компетенции</i>			<i>Σ комп.</i>	<i>t_{ср}, час</i>	<i>Вид учебных занятий</i>	<i>Оценка результатов</i>
		<i>ОК</i>	<i>ПК</i>					
		<i>7</i>	<i>7</i>	<i>10</i>				
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.Характеристики и конструкции парогенераторов.	46	+	+	+	3	15,3	Лк, ПЗ,СР	Зачет
2.Парогенераторы специального назначения.	10	+	+	+	3	3,3	Лк, СР	Зачет
3.Водогрейные и пароводогрейные агрегаты.	16	+	+	+	3	5,4	Лк, СР	Зачет
<i>Всего часов</i>	72	24	24	24	3	24		

6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

1. Пак Г.В. Котельные установки промышленных предприятий. Тепловой расчет промышленных котельных агрегатов. Учебное пособие./ Г.В. Пак, В.К. Елсуков, С.В. Лагушкина. –Братск: БрГУ, 2015.- 146 с.
2. Сидельковский Л.Н. Котельные установки промышленных предприятий. Учебное пособие. / Л.Н. Сидельковский, В.Н. Юренев. 3-е изд. перераб. –М.: Энергоатомиздат, 1988. – 528 с.

7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	<i>Наименование издания</i>	<i>Вид занятия</i>	<i>Количество экземпляров в библиотеке, шт.</i>	<i>Обеспеченность, (экз./ чел.)</i>
1	2	3	4	5
Основная литература				
1	Маряхина, В. Теплогенерирующие установки: учебное пособие/ В. Маряхина, Р. Мансурова. - Оренбург: ОГУ, 2014. – 104 с.; То же [электронный ресурс] URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=booc&id=259259	Лк, ПЗ	ЭР	1
2	Минкина, С.А. Тепловой и аэродинамический расчеты котельных агрегатов: учебное пособие/ С.А. Минкина. - Самара: СГАСУ, 2013. – 104 с.: ил.,– Библиограф. В кн. – ISBN 978-985-06-2554-0; То же [электронный ресурс] URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=booc&id=256112	Лк, ПЗ	ЭР	1
Дополнительная литература				
3	Липов Ю.М. Котельные установки и парогенераторы. Учебник для вузов. – М.: изд-во МЭИ, 2003. – 592 с.	ПЗ, СР	25	1
4	Резников М.И. Паровые котлы тепловых электростанций. Учебник для вузов. / М.И. Резников, Липов Ю.М. –М.: Энергоатомиздат, 1981. – 240 с.	Лк, ПЗ	27	1
5	Тепловые и атомные электрические станции: Справочник / Под общ.ред. А. В. Клименко и В.М. Зорина. – М.: изд-во МЭИ, 2003. – 648 с.	Лк	25	1
6	Роддатис К. Ф. Справочник по котельным установкам Алой производительности. / К. Ф. Роддатис, А.Н. Полтарецкий. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 487 с.	ПЗ	15	0,8
7	Липов Ю.М. Компоновка и тепловой расчет парового котла.: учебное пособие / Ю.М. Липов, Ю. Ф. Самойлов, Т.В. Виленская. –М.: Энергоатомиздат, 1988. – 208 с.	ПЗ, СР	53	1
8	Безгрешнов А.Н. Расчет паровых котлов в примерах и задачах./ А.Н., Безгрешнов, Ю.М. Липов, Б.М. Шлейфер –М.: Энергоатомиздат, 1991. -240 с.	СР	55	1
9	Ковалев А.П. Парогенераторы. Учебник для вузов. / А.П. Ковалев, Н.С. Лелеев, Т.В. Виленский. –М.: Энергоатомиздат, 1985. – 376 с.	СР	52	1
10	Трембовля В.И. Теплотехнические испытания котельных установок./ В.И. Трембовля, Е.Д. Фингер, А.А. Авдеев. – М.: Энергоатомиздат,1991. – 413 с.	СР	10	0,6
11	Расчет тепловых процессов и установок в примерах и задачах: практикум/ В.В. Шалай, А.Г. Михайлов, П.А. Батраков и др. – Омск: Издательство ОмГУ, 2015. – 120 с. : табл., граф., ил. Библиограф.: с. 105 – ISBN 978-5-8149-2126-0; То же [электронный ресурс] URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=booc&id=443145	СР	ЭР	1
12	Водяные экономайзеры котельных агрегатов: Методическая	СР	ЭР	1

	разработка для студентов одной и заочной форм обучения. – Н.Новгород: ННГАСУ, 2010. – 48 с.: ил., схем., табл. – Библиогр. В кн. – ISBN 978-985-06-2554-0; То же [электронный ресурс] URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=booc&id=427331			
13	Салов, А.Г. Теплогенерирующие установки: конструкция, принцип работы котлов типа Е (ЕД) и тепловой расчет котла Е (ЕД)- 10-14ГМ: учебное пособие/ А.Г. Салов, А.А. Гаврилова. - - Самара: СГАСУ, 2015. – 103 с.: табл., граф., ил., – Библиогр. – ISBN 678-5-9585-0622-4; То же [электронный ресурс] URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=booc&id=438393	СР	ЭР	1
14	Правила технической эксплуатации тепловых энергоустановок: пособие/ - Новосибирск: Сибирское университетское издательство, 2009. – 192 с. – ISBN 978-5-379-01227-4; То же [электронный ресурс] URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=booc&id=57212	СР	ЭР	1
15	Шарапов В.И. Технологии обеспечения пиковой нагрузки систем теплоснабжения: монография/ В.И.Шарапов, М.Е. Орлов. – М.: Новости теплоснабжения, 2006. – 208 с.: схем., табл. – ISBN 978-5-94296-013-5; То же [электронный ресурс] URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=booc&id=56219	СР	ЭР	1
16	Теплогидравлические модели оборудования электрических станций/ А.Р. Аветисян, А.Ф. Пашенко, Ф.Ф. Пашенко и др.; под общ. Ред. Г.А.Филиппова, Ф.Ф. Пашенко– М.: Физматлит, 2013. – 445 с.: ил. – Библиогр. В кн. – ISBN 978-5-0221-1518-6; То же [электронный ресурс] URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=booc&id=275621	СР	ЭР	1
17	Пак Г.В. Котельные установки промышленных предприятий. Тепловой расчет промышленных котельных агрегатов. Учебное пособие./ Г.В. Пак, В.К. Елсуков, С.В. Латушкина. - Братск: БрГУ, 2015.- 146 с.	СР	27	1

8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ» НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Электронный каталог библиотеки БрГУ

http://irbis.brstu.ru/CGI/irbis64r_15/cgiirbis_64.exe?LNG=&C21COM=F&I21DBN=BOOK&P21DBN=BOOK&S21CNR=&Z21ID=.

2. Электронная библиотека БрГУ

<http://ecat.brstu.ru/catalog> .

3. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека online» <http://biblioclub.ru> .

4. Электронно-библиотечная система «Издательство «Лань»

<http://e.lanbook.com> .

5. Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам"

<http://window.edu.ru> .

6. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU <http://elibrary.ru> .

7. Университетская информационная система РОССИЯ (УИС РОССИЯ) <https://uisrussia.msu.ru/> .

8. Национальная электронная библиотека НЭБ

<http://xn--90ax2c.xn--plai/how-to-search/> .

9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Приступая к изучению новой учебной дисциплины, обучающиеся должны ознакомиться с учебной программой, учебной, научной и методической литературой, имеющейся в библиотеке ФГБОУ ВО «БрГУ», получить в библиотеке рекомендованные учебники и учебно-методические пособия, завести новую тетрадь для конспектирования лекций и работы с первоисточниками.

В ходе лекционных занятий вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых делать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

В ходе подготовки к практическим занятиям изучить основную литературу, ознакомиться с дополнительной литературой, новыми публикациями в периодических изданиях: журналах, газетах и т.д. При этом учесть рекомендации преподавателя и требования учебной программы. Дорабатывать свой конспект лекции, делая в нем соответствующие записи из литературы, рекомендованной преподавателем и предусмотренной учебной программой.

С целью более глубокого усвоения изучаемого материала задавать вопросы преподавателю. После подведения итогов практического занятия устранить недостатки, отмеченные преподавателем.

При подготовке к зачету повторять пройденный материал в строгом соответствии с учебной программой, примерным перечнем учебных вопросов, выносящихся на зачет и содержащихся в данной программе. Использовать конспект лекций и литературу, рекомендованную преподавателем. Обратит особое внимание на темы учебных занятий, пропущенных студентом по разным причинам. При необходимости обратиться за консультацией и методической помощью к преподавателю.

В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы:

- аудиторная;
- внеаудиторная.

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа выполняется обучающимся по заданию преподавателя, но без его непосредственного участия.

Содержание внеаудиторной самостоятельной определяется в соответствии с рекомендуемыми видами заданий согласно примерной и рабочей программ учебной дисциплины.

Видами заданий для внеаудиторной самостоятельной работы являются:

- *для овладения знаниями*: чтение текста (учебника, первоисточника, дополнительной литературы), составление плана текста, графическое изображение структуры текста, конспектирование текста, выписки из текста, работа со словарями и справочниками, ознакомление с нормативными документами, учебно-исследовательская работа, использование аудио- и видеозаписей, компьютерной техники и Интернета и др.

- *для закрепления и систематизации знаний*: работа с конспектом лекции, обработка текста, повторная работа над учебным материалом (учебника, первоисточника, дополнительной литературы, аудио и видеозаписей, составление плана, составление таблиц для систематизации учебного материала, ответ на контрольные вопросы, заполнение рабочей тетради, аналитическая обработка текста (аннотирование, рецензирование, реферирование, конспект-анализ и др), подготовка мультимедиа сообщений/докладов к выступлению на семинаре (конференции), подготовка реферата, составление библиографии, тематических кроссвордов, тестирование и др.

- *для формирования умений*: решение задач и упражнений по образцу, решение вариативных задач, выполнение чертежей, схем, выполнение расчетов (графических работ), решение ситуационных (профессиональных) задач, подготовка к деловым играм, проектирование и моделирование разных видов и компонентов профессиональной деятельности, опытно экспериментальная работа, рефлексивный анализ профессиональных умений с использованием аудио- и видеотехники и др.

Самостоятельная работа осуществляется индивидуально или группами студентов в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня умений студентов.

Контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся может осуществляться в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия по дисциплине и внеаудиторную самостоятельную работу студентов по дисциплине, может проходить в письменной, устной или смешанной форме.

9.1. Методические указания для обучающихся по выполнению практических работ

Практическое занятие № 1

Поверочный расчет второй ступени пароперегревателя

Цель работы: изучение методики поверочного теплового расчета пароперегревателя, определение тепловосприятости второй ступени пароперегревателя (Q_6) и параметров теплоносителей за ступенью и пароохладителем.

Задание: определить температуры газов и пара на выходе из второй ступени пароперегревателя и пароохладителя при заданных паропроизводительности котла, виде топлива, температуре дымовых газов на входе в пароперегреватель и конструкции пароперегревателя.

Порядок выполнения: приводится в дополнительной литературе [1] согласно раздела 6, стр.78-81.

Форма отчетности: работа оформляется в виде отчета на листах формата А4.

Задания для самостоятельной работы: ознакомиться с текстом лекций и учебного пособия [1] согласно раздела 6, стр.78-81.

Ответить на контрольные вопросы для самопроверки, которые приведены после ПЗ №1 и ПЗ №2.

Основная литература

1. Согласно пункта 7 [1, 2]

Дополнительная литература

1. Согласно пункта 7 [3, 4, 6, 7]

Практическое занятие № 2

Конструктивный расчет первой ступени пароперегревателя.

Цель работы: разработка конструкции первой ступени пароперегревателя и определение площади ее нагрева (H_1).

Задание: рассчитать поверхность нагрева первой ступени пароперегревателя (H_1) при заданных параметрах котлоагрегата и его теплоносителей (из работы ПЗ №1).

Порядок выполнения: приводится в дополнительной литературе [1] согласно раздела 6, стр. 81-83.

Форма отчетности: работа оформляется в виде отчета на листах формата А4.

Задания для самостоятельной работы: ознакомиться с текстом лекций и уч. пос. [1] согласно раз-

дела 6, стр.78-81.

Ответить на контрольные вопросы для самопроверки, которые приведены после ПЗ №1 и ПЗ №2.

Основная литература

1. Согласно пункта 7 [1, 2]

Дополнительная литература

1. Согласно пункта 7 [3, 4, 6, 7]

Контрольные вопросы для самопроверки ко всем практическим занятиям:

1. Какие значения избытков воздуха принимаются при проектировании топок слоевого сжигания и почему?
2. Какие значения избытков воздуха принимаются при проектировании топок с камерным сжиганием твердого, жидкого, газообразного топлива и почему?
3. В зависимости от каких показателей принимается температура уходящих газов при проектировании котельных агрегатов?
4. Чем отличаются цели теплового расчета КА при поверочном конструктивном расчетах?
5. Какие параметры определяют температуру дымовых газов на выходе из топки?
6. Соблюдение какого условия позволяет считать законченным тепловой расчет топки котлоагрегата?
7. Какие параметры входят в уравнение теплообмена (теплопередачи) расчетной поверхности нагрева?
8. Какие параметры входят в уравнения тепловых балансов расчетной поверхности нагрева ?
9. Какие параметры пароперегревателя изменяют при необходимости изменения его поверхности нагрева?
10. Какие составляющие определяют теоретический объем (расход) продуктов сгорания?
11. Как определяются температурные напоры: при прямотоке, противотоке, смешанном токе движения теплоносителей?
12. Как определяются температуры нагреваемой среды в фестолах и котельных пучках?
13. Насколько может отличаться расчетная температура уходящих газов от предварительно принятой чтобы считать расчет законченным?
14. По какому параметру определяется невязка теплового баланса котлоагрегата при завершении расчета?

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

1. Microsoft Imagine Premium
2. ОС Windows 7 Professional
3. Microsoft Office 2007 Russian Academic OPEN No Level
4. Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Security.
5. ИСС "Кодекс". Информационно-справочная система
6. Справочно-правовая система «Консультант Плюс»
7. Архиватор 7-Zip
8. Adobe Reader
9. doPDF
10. Ай-Логос Система дистанционного обучения
11. КОМПАС-3D V13

**11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ
ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

<i>Вид занятия</i>	<i>Наименование аудитории</i>	<i>Перечень основного оборудования</i>	<i>№ ПЗ</i>
1	2	3	4
ПЗ	Лекционный кабинет/ дисплейный класс	Оборудование Интерактивная доска SMART Board 680I, проектор Casio XJ-UT310WN; 17-ПК: CPU 5000/RAM 2Gb/HDD; Монитор TFT 19 LG1953S-SF; Принтер: HP LaserJet P2015n; Сканер: Canon LiDE 220	№ 1-2
СР	ЧЗЗ	Оборудование 15 ПК- CPU 5000/RAM 2Gb/HDD (Монитор TFT 19 LG 1953S-SF);принтер HP LaserJet P3005	-

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ
ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

1. Описание фонда оценочных средств (паспорт)

№ компетенции	Элемент компетенции	Тема	ФОС
ОК-7	способность к самоорганизации и самообразованию	1.Характеристики и конструкции парогенераторов.	вопросы к зачету № 1-2
		2.Парогенераторы специального назначения.	вопросы к зачету № 3-4
		3.Водогрейные и пароводогрейные агрегаты.	вопросы к зачету № 5-6
ПК-7	способность обеспечивать соблюдение правил техники безопасности, производственной санитарии, пожарной безопасности, норм охраны труда, производственной и трудовой дисциплины	1.Характеристики и конструкции парогенераторов.	вопросы к зачету № 7-8
		2.Парогенераторы специального назначения.	вопросы к зачету № 9-10
		3.Водогрейные и пароводогрейные агрегаты.	вопрос к зачету № 11
ПК-10	готовность к участию в работах по освоению и доводке технологических процессов	1.Характеристики и конструкции парогенераторов.	вопрос к зачету № 12
		2.Парогенераторы специального назначения.	вопрос к зачету № 13
		3.Водогрейные и пароводогрейные агрегаты.	вопрос к зачету № 14

2. Вопросы к зачету

№ п/п	Компетенции		ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ	№ и наименование темы
	Код	Определение		
1	2	3	4	5
1.	ОК-7	- способность к самоорганизации и самообразованию	1.Какие значения избытков воздуха принимаются при проектировании топок слоевого сжигания и почему? 2.Какие значения избытков воздуха принимаются при проектировании топок с камерным сжиганием твердого, жидкого, газообразного топлива и почему?	1.Характеристики и конструкции парогенераторов.
			3.В зависимости от каких показателей принимается температура уходящих газов при проектировании котельных агрегатов? 4.Чем отличаются цели теплового расчета	2.Парогенераторы специального назначения.

			КА при поверочном конструктивном расчетах?	
			5.Какие параметры определяют температуру дымовых газов на выходе из топки? 6.Соблюдение какого условия позволяет считать законченным тепловой расчет топки котлоагрегата?	3.Водогрейные и пароводогрейные агрегаты.
2.	ПК-7	способность обеспечивать соблюдение правил техники безопасности, производственной санитарии, пожарной безопасности, норм охраны труда, производственной и трудовой дисциплины	7.Какие параметры входят в уравнение теплообмена (теплопередачи) расчетной поверхности нагрева? 8.Какие параметры входят в уравнения тепловых балансов расчетной поверхности нагрева ?	1.Характеристики и конструкции парогенераторов.
			9.Какие параметры пароперегревателя изменяют при необходимости изменения его поверхности нагрева? 10.Какие составляющие определяют теоретический объем (расход) продуктов сгорания?	2.Парогенераторы специального назначения.
			11.Как определяются температурные напоры: при прямотоке, противотоке, смешанном токе движения теплоносителей?	3.Водогрейные и пароводогрейные агрегаты.
3.	ПК-10	- готовность к участию в работах по освоению и доводке технологических процессов	12.Насколько может отличаться расчетная температура уходящих газов от предварительно принятой чтобы считать расчет завершенным?	1.Характеристики и конструкции парогенераторов.
			13.По какому параметру определяется невязка теплового баланса котлоагрегата при завершении расчета?	2.Парогенераторы специального назначения.
			14.Как определяются температуры нагреваемой среды в фестолах и котельных пучках?	3.Водогрейные и пароводогрейные агрегаты.

3. Описание показателей и критериев оценивания компетенций

Показатели	Оценка	Критерии
Знать: (ОК-7) - теоретические основы процессов теплообмена и теплопередачи тепловой энергии в энергетических установках; (ПК-7) -нормы охраны труда, производственной и трудовой дисциплины; (ПК-10) - теоретические основы энергетических процессов протекающих в теплосиловых установках при изменении их режимов. Уметь: (ОК-7) - рассчитывать энергетические показатели энергетических установок теплоисточников в различных режимах работы; (ПК-7)	зачтено	Зачтено ставится обучающимся, усвоившим взаимосвязь основных понятий дисциплины в их значении с формируемыми компетенциями, изложении и использовании учебного материала, освоившим основную литературу и знакомым с дополнительной литературой.
	не зачтено	Не зачтено ставится обучающимся, обнаружившему существенные пробелы в знаниях основного учебного материала позволяющего сформировать компетенции, допустившему принципиальные ошибки в ответе на предложенные вопросы.

<p>- обеспечивать соблюдение правил техники безопасности; (ПК-10)</p> <p>- рассчитывать технико-экономические показатели теплоисточников при их работе совместно с нетрадиционными источниками энергии.</p> <p>Владеть: (ОК-7)</p> <p>- методиками расчета технико-экономических показателей теплоисточника; (ПК-7)</p> <p>- правилами техники безопасности, производственной санитарии и пожарной безопасности (ПК-10):</p> <p>- методами выбора структуры основного и вспомогательного оборудования теплоисточников.</p>		
---	--	--

4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности

Дисциплина «Котлоагрегаты среднего и высокого давления серии БКЗ» направлена на выявление естественнонаучной сущности проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности с привлечением для их решения соответствующего физико-математического аппарата; на получение теоретических знаний и практических навыков для их дальнейшего использования в практической деятельности.

Изучение дисциплины предусматривает:

- лекции;
- практические занятия;
- зачет.

При подготовке к зачету рекомендуется особое внимание уделить следующим вопросам: формулировке основных положений теории и теорем; умение применять теорию для решения типовых задач.

В процессе проведения практических занятий происходит закрепление знаний, формирование умений и навыков реализации представления о решении задач по вышеприведенным разделам.

Самостоятельную работу необходимо начинать с ознакомления теоретической учебно-научной информацией в учебной литературе.

В процессе консультации с преподавателем разобраться с наиболее сложными вопросами теории и методикой решения типовых задач.

Работа с литературой является важнейшим элементом в получении знаний по дисциплине. Прежде всего, необходимо воспользоваться списком рекомендуемой по данной дисциплине литературой. Дополнительные сведения по изучаемым темам можно найти в периодической печати и Интернете.

Предусмотрено проведение аудиторных занятий в сочетании с внеаудиторной работой.

АННОТАЦИЯ

рабочей программы дисциплины

Котлоагрегаты среднего и высокого давления серии БКЗ

1. Цель и задачи дисциплины

Целью изучения дисциплины является: подготовка обучающихся к самостоятельному решению теоретических и прикладных задач в области охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов при работе теплоэнергетических объектов.

Задачей изучения дисциплины: подготовка обучающихся к самостоятельной деятельности по выполнению в условиях реального производства проектно-конструкторских и научно-исследовательских работ, а также эксплуатации котлоагрегатов при минимальных затратах энергетических, материальных и трудовых ресурсов, обеспечении охраны окружающей среды и техники безопасности.

2. Структура дисциплины

2.1. Распределение трудоемкости по отдельным видам учебных занятий, включая самостоятельную работу: лекции 17 часов, практические занятия 17 часов, самостоятельная работа 38 часов.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 72 часа, 2 зачетные единицы.

2.2. Основные разделы дисциплины:

1. Характеристики и конструкции парогенераторов.
2. Парогенераторы специального назначения.
3. Водогрейные и пароводогрейные агрегаты.

3. Планируемые результаты обучения (перечень компетенций)

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

ОК-7 - способность к самоорганизации и самообразованию;

ПК-7 - способность обеспечивать соблюдение правил техники безопасности, производственной санитарии, пожарной безопасности, норм охраны труда, производственной и трудовой дисциплины;

ПК-10 - готовность к участию в работах по освоению и доводке технологических процессов.

4. Вид промежуточной аттестации: зачет.

Протокол о дополнениях и изменениях в рабочей программе

на 20__-20__ учебный год

1. В рабочую программу по дисциплине вносятся следующие дополнения:

2. В рабочую программу по дисциплине вносятся следующие изменения:

Протокол заседания кафедры № _____ от «__» _____ 20__ г.,
(разработчик)

Заведующий кафедрой _____

(подпись)

(Ф.И.О.)

Программа составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника от «01» октября 2015 г. № 1081.

для набора 2014 года: и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для заочной формы обучения от «03» июля 2018 г. № 413

для набора 2015 года: и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для очной формы обучения от «04» декабря 2015 г. №771 , заочной формы обучения от «04» декабря 2015 г. №771

для набора 2016 года: и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для очной формы обучения от «06» июня 2016 г. №429 , заочной формы обучения от «06» июня 2016 г. №429 для заочной формы (ускоренного обучения) от «06» июня 2016 г. № 429

для набора 2017 года: и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для очной формы обучения от «06» марта 2017 г. №125 , заочной формы обучения от «06» марта 2017 г. №125 для заочной формы (ускоренного обучения) от «04» апреля 2017 г. №203

для набора 2018 года и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для очной формы обучения от «12» марта 2018 г. №130 , заочной формы обучения от «12» марта 2018 г. №130

Программу составил:

Елсуков В.К. профессор, д.т.н. кафедры ПТЭ _____

Рабочая программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры ПТЭ
от «13» декабря 2018 г., протокол № 4

Заведующий кафедрой ПТЭ _____ Федяев А.А.

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий выпускающей кафедрой ПТЭ _____ Федяев А.А.

Директор библиотеки _____ Т.Ф. Сотник

Рабочая программа одобрена методической комиссией факультета ЭиА

от «28» декабря 2018 г., протокол № 5

Председатель методической комиссии факультета ЭиА _____ А.Д.Ульянов

СОГЛАСОВАНО:

Начальник
учебно-методического управления _____ Г.П. Нежевец

Регистрационный № _____