

МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
**«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. В.Г.ШУХОВА»**
(БГТУ им. В.Г. Шухова)

СОГЛАСОВАНО

Директор
института магистратуры


И.В. Ярмоленко
« 20 » 05 2021г.

УТВЕРЖДАЮ

Директор института
энергетики, информационных
технологий и управляющих систем


А.В. Белоусов
« 20 » 05 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины (модуля)

**Анализ эффективности и оптимизация
теплотехнологических процессов**

Направление подготовки (специальность):

13.04.01 – ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА

Направленность программы (профиль, специализация):

Энергетика теплотехнологии

Квалификация
магистр

Форма обучения
очная

Институт: **Энергетики, информационных технологий и управляющих систем**

Кафедра: **Энергетики теплотехнологии**

Белгород 2021

Рабочая программа составлена на основании требований:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника, утв. приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 28 февраля 2018 г. № 146;
- учебного плана, утвержденного Ученым советом БГТУ им. В.Г. Шухова в 2021 году.

Составитель: канд. техн. наук



(О.А. Рязанцев)

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры энергетики теплотехнологии «22» 04 2021 г., протокол № 8.

Заведующий кафедрой

Энергетики теплотехнологии

канд. техн. наук, доцент



(Ю.В. Васильченко)

Рабочая программа одобрена методической комиссией института энергетики, информационных технологий и управляющих систем «20» 05 2021 г., протокол № 9.

Председатель

канд. техн. наук, доцент



(А.Н. Семернин)

1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Категория (группа) компетенций	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине
Профессиональные (производственно-технологические)	ПК-3 Способен обеспечивать эффективную эксплуатацию систем тепло- и энергоснабжения, теплоэнергетических, теплотехнических и теплотехнологических объектов	ПК-3.2. Выполняет анализ эффективности и проводит оптимизацию при эксплуатации систем тепло- и энергоснабжения, теплоэнергетических, теплотехнических и теплотехнологических объектов.	В результате освоения дисциплины обучающийся должен Знать: • методы анализа эффективности и оптимизация тепло-технологических процессов; Уметь: • обеспечить анализ эффективности и оптимальную эксплуатацию систем тепло- и энергоснабжения, теплоэнергетических, теплотехнических и теплотехнологических объектов; Владеть: • навыками анализа эффективности и оптимизация тепло-технологических процессов

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

1. Компетенция ПК-3 Способен обеспечивать эффективную эксплуатацию систем тепло- и энергоснабжения, теплоэнергетических, теплотехнических и теплотехнологических объектов.

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами, практиками:

Стадия	Наименования дисциплины
1	Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологии
2	Анализ эффективности и оптимизация теплотехнологических процессов
3	Производственная технологическая практика
4	Производственная преддипломная практика
5	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 7 зач. единиц, 252 часа.

Дисциплина реализуется в рамках практической подготовки 7 зач. единиц.

Форма промежуточной аттестации

ЭКЗАМЕН

(экзамен, дифференцированный зачет, зачет)

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 3
Общая трудоемкость дисциплины, час	252	252
Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:	107	107
лекции	34	34
лабораторные	34	34
практические	34	34
групповые консультации в период теоретического обучения и промежуточной аттестации	5	5
Самостоятельная работа студентов, включая индивидуальные и групповые консультации, в том числе:	145	145
Курсовой проект	–	–
Курсовая работа	–	–
Расчетно-графическое задание	18	18
Индивидуальное домашнее задание	–	–
Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям (лекции, практические занятия, лабораторные занятия)	91	91
Экзамен	36	36

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Наименование тем, их содержание и объем

Курс 2 Семестр 3

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
1. Особенности проведения анализа эффективности работы ТТП					
	Особенности комплексного подхода к исследованию и эксплуатации теплотехнологических агрегатов. График разогрева высокотемпературных теплотехнологических установок и его особенности для различных агрегатов. Влияние мощности ВТУ, сезона на график разогрева	8	8	8	22
2. Прогнозирование работы элементов ВТУ					

	Работа футеровки в нерасчетных условиях работы. Прогноз главного фактора разрушения футеровки и обеспечение ее устойчивости. Влияние различных условий работы высокотемпературных теплотехнологических установок на разрушение футеровки. Разрушение футеровки стен, сводов, пода теплотехнологических агрегатов	6	6	6	16
3. Методики проведения исследований					
	Исследование режимно-параметрических характеристик теплотехнологических агрегатов. Приборное обеспечение промышленных исследований. Методики проведения исследований и обработки результатов	6	6	6	16
4. Лабораторный и промышленный эксперимент					
	Проведение промышленных экспериментов на теплотехнологическом оборудовании. Цели и задачи промышленного эксперимента. Методика проведения промышленного эксперимента и его приборное обеспечение	6	6	6	15
5. Эффективность проведенных оптимизаций					
	Методы промышленного эксперимента, их достоинства и недостатки для высокотемпературных теплотехнологических агрегатов	8	8	8	22
	Итого:	34	34	34	91
	Расчетно-графическое задание				18
	Экзамен				36
	ВСЕГО	34	34	34	145

4.2. Содержание практических (семинарских) занятий

Материал лекций закрепляется практическими и лабораторными работами. На практических занятиях проводится расчет и определение характерных параметров трансформаторов тепла.

Курс 2 Семестр 3

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема практического (семинарского) занятия	К-во часов	Самостоятельная работа
1	Особенности проведения анализа эффективности работы ТТП	Составление и анализ тепловых балансов теплотехнологических установок. Анализ эффективности процессов горения топлива в ВТУ	8	8
2	Прогнозирование работы элементов ВТУ	Подбор огнеупоров теплотехнологических установок	4	4
		Расчет футеровок промышленных теплотехнологических установок	2	2
3	Методики проведения исследований	Расчет гарнисажной футеровки	6	6
4	Лабораторный и промышленный эксперимент	Подбор стойкого рабочего огнеупора ВТУ	6	6
5	Эффективность проведенных оптимизаций	Методы исследования и промышленного эксперимента теплотехнологических установок	8	8
ИТОГО:			34	34

4.3. Содержание лабораторных занятий

Курс 2 Семестр 3

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного занятия	К-во часов	Самостоятельная работа
1	Особенности проведения анализа эффективности работы ТТП	Исследование работы футеровки печи	6	6
2	Прогнозирование работы элементов ВТУ	Исследование особенностей горения	6	6
3	Методики проведения исследований	Расчет теплотерь в теплотехнологических агрегатах	6	6
4	Лабораторный и промышленный эксперимент	Расчет горелочных устройств	6	6
5	Эффективность проведенных оптимизаций	Исследование и оптимизация теплового баланса установок	4	4
		Подбор теплоизоляции установок	2	2
		Расчет эффективности установок	4	4
ИТОГО:			34	34

4.4. Содержание курсового проекта/работы

Не предусмотрено учебным планом.

4.5. Содержание расчетно-графического задания, индивидуальных домашних заданий

В процессе выполнения расчетно-графического задания осуществляется контактная работа обучающегося с преподавателем. Консультации проводятся в аудитории и/или посредством электронной информационно-образовательной среды университета.

Учебным планом предусмотрено выполнение расчетно-графического задания. РГЗ включает в себя элементы исследовательской работы с использованием методов оптимизации режимов работы ВТУ в рассматриваемых теплотехнологических процессах.

Перечень тем РГЗ:

- Работа футеровки в нерасчетных условиях работы.
- Прогноз главного фактора разрушения футеровки и обеспечение ее устойчивости.
- Влияние различных условий работы высокотемпературных теплотехнологических установок на разрушение футеровки.
- Разрушение футеровки стен, сводов, пода теплотехнологических агрегатов.
- Исследование режимно-параметрических характеристик теплотехнологических агрегатов.

5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

5.1. Реализация компетенций

1. Компетенция ПК-3. Способен обеспечивать эффективную эксплуатацию систем тепло- и энергоснабжения, теплоэнергетических, теплотехнических и теплотехнологических объектов.

Наименование индикатора достижения компетенции	Используемые средства оценивания
ПК-3.2. Выполняет анализ эффективности и проводит оптимизацию при эксплуатации систем тепло- и энергоснабжения, теплоэнергетических, теплотехнических и теплотехнологических объектов.	Защита лабораторных работ, экзамен

5.2. Типовые контрольные задания для промежуточной аттестации

5.2.1. Перечень контрольных вопросов (типовых заданий) для экзамена (ПК-3.2.)

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Наименование контрольных вопросов
1	Особенности проведения анализа эффективности работы ТТП	1. Особенности комплексного подхода к исследованию и эксплуатации теплотехнологических агрегатов. 2. График разогрева высокотемпературных теплотехнологических установок и его особенности для различных агрегатов. 3. Влияние мощности ВТУ, сезона на график разогрева.
2	Прогнозирование работы элементов ВТУ	4. Работа футеровки в нерасчетных условиях работы. 5. Прогноз главного фактора разрушения футеровки и обеспечение ее устойчивости. 6. Влияние различных условий работы высокотемпературных теплотехнологических установок на разрушение футеровки. 7. Разрушение футеровки стен, сводов, пода теплотехнологических агрегатов.
3	Методики проведения исследований	8. Исследование режимно-параметрических характеристик теплотехнологических агрегатов. 9. Приборное обеспечение промышленных исследований. 10. Методики проведения исследований и обработки результатов.

4	Лабораторный и промышленный эксперимент	11. Проведение промышленных экспериментов на теплотехнологическом оборудовании. 12. Цели и задачи промышленного эксперимента. 13. Методика проведения промышленного эксперимента и его приборное обеспечение.
5	Эффективность проведенных оптимизаций	14. Методы промышленного эксперимента, их достоинства и недостатки для высокотемпературных теплотехнологических агрегатов

5.2.2. Перечень контрольных материалов для защиты курсового проекта/ курсовой работы

Не предусмотрено учебным планом.

5.3. Перечень контрольных вопросов для защиты лабораторных работ

№ п/п	Содержание вопросов (типовых заданий)
1	Основные определения и термины, связанные с исследовательским процессом.
2	Два основных критерия, на основе которых производится выбор, экспериментальных точек
3	Методы оптимизации. Метод крутого восхождения.
4	Порядок проведения и планирования эксперимента.
5	Упрощенная схем типичного эксперимента.
6	Виды, методы и средства измерений.
7	Условия однозначности (пять количественных характеристик)
8	Быстрый метод исключения выскакивающих величин
9	Виды ошибок (систематические, случайные). Виды данных (необработанные, обработанные)
10	Быстрые методы статистической обработки.
11	Понятие переменной величины. Независимая, зависимая, внешняя переменные.
12	Определение интервалов между экспериментальными данными.
13	Математическая формулировка задачи. Обобщенные переменные.
14	Определение интервалов между экспериментальными данными.
15	Виды, методы и средства измерений.
16	Математическая теория планирования эксперимента. Два основных направления в теории планирования эксперимента.
17	Методы оптимизации. Метод крутого восхождения.
18	Эксплуатационные характеристики ВТУ.
19	Методы оптимизации. Метод Гаусса-Зейделя (метод сечений)
20	Задачи и особенности эксплуатационных испытаний.
21	Последовательность проведения эксплуатационных испытаний ВТУ.
22	Методы исследования печей.
23	Природа экспериментальных ошибок.
24	Лабораторные исследования промышленных печей.
25	Производственные исследования печей.

26	Теория инженерного эксперимента. Теоретические и экспериментальные исследования.
----	--

5.4. Описание критериев оценивания компетенций и шкалы оценивания

При промежуточной аттестации в форме экзамена используется следующая шкала оценивания: 2 – неудовлетворительно, 3 – удовлетворительно, 4 – хорошо, 5 – отлично.

Критериями оценивания достижений показателей являются:

Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине	Критерий оценивания
ПК-3 Способен обеспечивать эффективную эксплуатацию систем тепло- и энергоснабжения, теплоэнергетических, теплотехнических и теплотехнологических объектов ПК-3.2. Выполняет анализ эффективности и проводит оптимизацию при эксплуатации систем тепло- и энергоснабжения, теплоэнергетических, теплотехнических и теплотехнологических объектов.	
Знания	Знание терминов, определений, понятий
	Знание основных закономерностей, соотношений, принципов
	Объем освоенного материала
	Полнота ответов на вопросы
	Четкость изложения и интерпретации знаний
Умения	Полнота выполненного задания
	Качество выполненного задания
	Самостоятельность выполнения задания
	Умение сравнивать, сопоставлять и обобщать и делать выводы
	Качество оформления задания
	Правильность применения теоретического материала
Навыки	Выбор методики выполнения задания
	Анализ результатов решения задач
	Обоснование полученных результатов

Оценка преподавателем выставляется интегрально с учётом всех показателей и критериев оценивания.

Оценка сформированности компетенций по показателю Знания.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Знание терминов, определений, понятий	Не знает терминов и определений	Знает термины и определения, но допускает неточности формулировок	Знает термины и определения	Знает термины и определения, может корректно сформулировать их самостоятельно
Знание основных закономерностей, соотношений, принципов	Не знает основных закономерностей, соотношений, принципов	Знает основные закономерности, соотношения, принципы	Знает основные закономерности, соотношения, принципы; их	Знает основные закономерности, соотношения, принципы; может

	пов		интерпретирует и использует	самостоятельно их вывести, объяснить и использовать
Объем освоенного материала	Не знает значительной части материала дисциплины	Знает только основную материал дисциплины, не усвоил его деталей	Обладает знанием материала дисциплины, не усвоил некоторые нюансы	Обладает твердым и полным знанием материала дисциплины, владеет дополнительными знаниями
Полнота ответов на вопросы	Не дает ответы на большинство вопросов	Дает неполные ответы на большинство вопросов	Дает ответы на вопросы, но не все – полные	Дает полные, развернутые ответы на поставленные вопросы
Четкость изложения и интерпретации знаний	Излагает знания без логической последовательности	Излагает знания с нарушениями в логической последовательности	Излагает знания без нарушений в логической последовательности	Излагает знания в логической последовательности, самостоятельно их интерпретируя и анализируя
	Не иллюстрирует изложение поясняющими схемами, рисунками и примерами	Выполняет поясняющие схемы и рисунки небрежно и с ошибками	Выполняет поясняющие рисунки и схемы корректно и понятно	Выполняет поясняющие рисунки и схемы точно и аккуратно, раскрывая полноту усвоенных знаний
	Не излагает или неверно излагает и интерпретирует знания	Допускает неточности в изложении и интерпретации знаний	Грамотно и по существу излагает знания	Грамотно и точно излагает знания, делает самостоятельные выводы

Оценка сформированности компетенций по показателю Умения.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Полнота выполненного задания	Задание не выполнено	Задание выполнено не в полном объеме	Задание выполнено полностью, но отсутствуют некоторые пояснения	Задание выполнено полностью, рациональным способом
Качество выполненного задания	Имеются существенные ошибки при использовании общей методики выполнения задания	Задание выполнено с большим количеством неточностей, не носящих принципиальный характер	Задание выполнено с небольшими неточностями	Задание выполнено без ошибок
Самостоятельность выполнения задания	Не может выполнить задание, в том числе и с дополнительной помощью	Может выполнить задание только с дополнительной помощью	Выполняет задание в основном самостоятельно	Самостоятельно выполняет задание
Умение сравнивать, сопоставлять и обобщать и делать выводы	Не умеет сравнивать, сопоставлять и обобщать, а также делать выводы	Допускает ошибки при сопоставлении, обобщении и при формулировании выводов	Умеет сравнивать, сопоставлять и обобщать, но допускает небольшие неточности при формулировании	Умеет сравнивать, сопоставлять и обобщать, а также делает верные выводы

			нии выводов	
Качество оформления задания	Задание оформлено настолько неряшливо, что не поддается проверке	Задание оформлено неаккуратно, отсутствуют необходимые пояснения и ссылки на используемые источники	Задание оформлено аккуратно, с ссылками на используемые источники	Задание оформлено аккуратно, с необходимыми пояснениями и ссылками на используемые источники
Правильность применения теоретического материала	При применении теоретического материала допущены ошибки, относящиеся к методике выполнения задания	При применении теоретического материала допущены ошибки, не носящие принципиальный характер	Теоретический материал применен и интерпретирован в целом правильно, но с несущественными неточностями	Теоретический материал применен и интерпретирован правильно

Оценка сформированности компетенций по показателю *Навыки*.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Выбор методики выполнения задания	Неверно выбрана методика выполнения задания	Методика выполнения задания выбрана в целом верно, но имеются незначительные неточности при описании основных расчетных зависимостей	Методика выполнения задания выбрана в целом верно, но имеются недочеты, не относящиеся к основным расчетным зависимостям	Выбрана верная или наиболее рациональная методика выполнения задания
Анализ результатов решения задач	Не произведен анализ результатов решения задачи при необходимости такого анализа	Анализ результатов, полученных при решении задачи, проводится только при помощи преподавателя	Допускаются незначительные неточности в ходе анализа результатов решения задачи	Произведен анализ результатов решения задачи и сделаны исчерпывающие выводы
Обоснование полученных результатов	Представляемые результаты не обоснованы	Имеются замечания к полученным результатам, отсутствует в достаточной степени их обоснование	Представляемые результаты обоснованы и в целом аргументированы, имеются ссылки на нормативные, справочные и учебно-методические источники	Представляемые результаты обоснованы, четко аргументированы с указанием ссылок на нормативные, справочные и учебно-методические источники

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

6.1 Материально-техническое обеспечение

№	Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
	Читальный зал библиотеки для самостоятельной работы	Специализированная мебель; компьютерная техника, подключенная к сети «Интернет», имеющая доступ в электронную информационно-образовательную среду
	Учебная аудитория для проведения лекционных и практических занятий, консультаций, текущего контроля, промежуточной аттестации, самостоятельной работы	Специализированная мебель; доска для рисования маркером; ноутбук или персональный компьютер, подключенный к ТВ панели для демонстрации мультимедийных материалов и презентаций или к мультимедийному проектору с экраном.
	Методический кабинет	Специализированная мебель; мультимедийный проектор, переносной экран, ноутбук

6.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

№	Перечень лицензионного программного обеспечения.	Реквизиты подтверждающего документа
	Microsoft Windows 10 Корпоративная	Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633. Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2023). Договор поставки ПО 0326100004117000038-0003147-01 от 06.10.2017
	Microsoft Office Professional Plus 2016	Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633. Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2023
	Google Chrome	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения
	Mozilla Firefox	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения

6.3 Перечень учебных изданий и учебно-методических материалов

1. Трубаев, П. А. Термодинамический и эксергетический анализ в теплотехнологии: монография. – М.: Инфра-Инженерия, 2019. – 228 с.
2. Францева А.А. Основы эксергетического анализа топливоиспользующих установок: учебное пособие / Францева А.А., Григорьева О.К. — Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2019. — 88 с.
3. Голдобин, Ю. М. Автоматизация теплоэнергетических установок: учеб. пособие / Ю.М. Голдобин, Е.Ю. Павлюк. — Екатеринбург: УрФУ, 2017. — 186 с.

4. Оценка энергоэффективности производственных комплексов как основа их конкурентоспособного развития / В. В. Криворотов, А. В. Калина, А. И. Савельева, С. Е. Ерыпалов. – Москва: Общество с ограниченной ответственностью "Издательство "Юнити-Дана", 2018. – 146 с. – ISBN 978-5-238-03205-4.

5. Малин, Н. И. Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях: Практикум / Н. И. Малин. – Москва: Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса, 2018. – 188 с. – ISBN 978-5-7367-1408-7.

6.4 Перечень интернет ресурсов, профессиональных баз данных, информационно-справочных систем

1. <http://www.energy2035.ru> - Интернет-портал о современных технологиях энергосбережения и повышении энергетической эффективности.

2. <http://www.energsovet.ru> - Портал по энергосбережению «Энергосовет».

3. <https://soft.abok.ru> — АВОК-Софт Онлайн - расчеты и программы для проектировщиков в области ОВК. Полезная информация для специалистов.

4. https://www.abok.ru/pages.php?block=en_mag - Некоммерческое партнерство инженеров. Библиотека научных статей журналов «Энергосбережение» И «АВОК».

5. <http://www.energyexpert.ru> - «ЭнергоЭксперт». Региональное энергосбережение; программы и стратегии повышения энергоэффективности; реализация, мониторинг и сопровождение городских и муниципальных программ энергосбережения.

6. Цифровой образовательный ресурс IPR SMART. Режим доступа: <https://www.iprbookshop.ru/>

7. Лань. Электронно-библиотечная система. Режим доступа: <https://e.lanbook.com/>