

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»
(ФГБОУ ВО «КНИТУ»)

УТВЕРЖДАЮ



Проректор по УР
А.В. Бурмистров

« 1. » 07. 2019 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

По дисциплине Эксергетический метод анализа технологических процессов
Направление подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника
Профиль подготовки Энергетика теплотехнологий
Квалификация (степень) выпускника бакалавр
Форма обучения очная
Институт, факультет ИХНМ, МФ
Кафедра-разработчик рабочей программы ТОТ
Курс, семестр 4 курс, 7 семестр

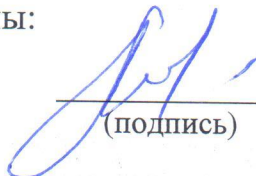
	Часы	Зачетные единицы
Лекции	18	0.5
Практические занятия	36	1
Контроль самостоятельной работы		
Лабораторные занятия		
Самостоятельная работа	54	1.5
Форма аттестации	экзамен 36	1
Всего	144	4

Казань, 2019 г.

Рабочая программа составлена с учетом требований Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования № 143 от 28.02.2018 г. по направлению 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» для профиля «Энергетика теплотехнологий», на основании учебного плана набора обучающихся 2019 года.

Разработчик программы:

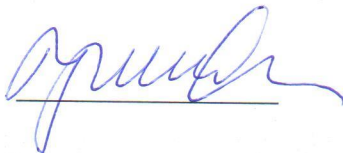
Профессор каф. ТОТ
(должность)


(подпись)

Р. Н. Максудов
(Ф.И.О)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ТОТ, протокол от 27.06. 2019 г. № 14.

Зав. кафедрой, профессор



Ф. М. Гумеров

УТВЕРЖДЕНО

Начальник УМЦ, доцент



Л. А. Китаева

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Эксергетический метод анализа технологических процессов» являются

- а) формирование способности к разработке мероприятий по энерго- и ресурсосбережению на объектах профессиональной деятельности;*
- б) формирование знаний о термодинамических основах эксергетического анализа потоков энергии в реальных условиях;*
- в) обучение методике составления эксергетических балансов термомеханических процессов;*
- г) обучение способам применения эксергетического метода в анализе термомеханических систем.*

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП ВО

Дисциплина «Эксергетический метод анализа технологических процессов» относится к дисциплине по выбору вариативной части ООП, формируемой участниками образовательных отношений, и формирует у бакалавров по направлению 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» по профилю «Энергетика теплотехнологий» набор специальных знаний и компетенций.

Для успешного освоения дисциплины «Эксергетический метод анализа технологических процессов» бакалавр по направлению подготовки «Теплоэнергетика и теплотехника» (13.03.01) должен освоить материал предшествующих дисциплин:

- а). Техническая термодинамика;*
- б). Тепломассообмен;*
- в). Энергетический комплекс промышленных предприятий.*

Знания, полученные при изучении дисциплины «Эксергетический метод анализа технологических процессов», могут быть использованы при прохождении практик и при выполнении выпускных квалификационных работ по направлению подготовки 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника».

2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Компетенция:

ПК-2 Способен к разработке мероприятий по энерго- и ресурсосбережению на объектах профессиональной деятельности.

Индикаторы достижения компетенции:

ПК-2.1 Знает основные тенденции развития теплоэнергетики, новые виды оборудования, передовой производственный опыт по вопросам повышения эффективности и надежности термомеханического оборудования, реконструкции и модернизации объектов теплоэнергетики.

ПК-2.2 Умеет разрабатывать планы мероприятий по повышению надежности и экономичности работы технологического оборудования.

ПК-2.3 Владеет принципами рационального управления технологическими процессами в профессиональной сфере.

В результате освоения дисциплины студент должен:

Знать: а) основные тенденции развития теплоэнергетики, новые виды оборудования, передовой производственный опыт по вопросам повышения эффективности и надежности тепломеханического оборудования, реконструкции и модернизации объектов теплоэнергетики;
 б) причины необратимости реальных процессов и диссипации энергии;
 в) об ограничениях превратимости энергии;
 г) значение понятий «эксергия» и «анергия».

Уметь: а) разрабатывать планы мероприятий по повышению надежности и экономичности работы технологического оборудования;
 б) определять эксергию теплоты;
 в). определять эксергию рабочего тела в объеме;
 г). определять эксергию стационарного потока рабочего тела;
 д). определять эксергию потока излучения;
 е). определять величины анергии и потерь эксергии.

Владеть: а) принципами рационального управления технологическими процессами в профессиональной сфере;
 б) составлением эксергетического баланса;
 в) анализом отдельных термомеханических процессов.

4. Структура и содержание дисциплины «Эксергетический метод анализа технологических производств»

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы, 144 часа.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Виды учебной работы (в часах)				Оценочные средства для проведения промежуточно й аттестации по разделам
			Лекции	Практич еские занятия	Лаборат орные работы	СРС	
1	Второе начало термодинамики. Необратимость реальных процессов. Энтропия	7	2	4		6	Устный опрос, оформление и защита расчетных заданий
2	Преобразование энергии. Окружающая среда. Виды эксергии.	7	2			2	Устный опрос
3	Эксергия теплоты. Фактор Карно. Эксергия излучения.	7	3	6		8	Устный опрос, выполнение практических работ, оформление и защита

							расчетных заданий
4	Эксергия рабочего тела в закрытой системе и эксергия стационарного потока вещества.	7	3	8		8	Устный опрос, выполнение практических работ
5	Анергия потока теплоты. Анергия потока рабочего тела.	7	2	4		8	Устный опрос, выполнение практических работ, оформление и защита расчетных заданий
6	Потеря работоспособности. Уравнение Гюй-Стодолы.	7	2			6	Устный опрос, выполнение практических работ, оформление и защита расчетных заданий
7	Потери эксергии от необратимости при теплообмене и вследствие гидравлических потерь. Диаграмма потоков и потерь эксергии.	7	2	6		8	Устный опрос, выполнение практических работ, оформление и защита расчетных заданий
8	Энергетический и эксергетический КПД ТЭЦ, ХМ, ТНУ.	7	2	8		8	Устный опрос, выполнение практических работ
	ИТОГО:		18	36		54	
	Форма аттестации						Экзамен (36)

5. Содержание лекционных занятий по темам с указанием формируемых компетенций.

№ п/п	Раздел дисциплины	Часы	Тема лекционного занятия	Краткое содержание	Индикаторы достижения компетенции
1	Тема 1. Второе начало	2	Второе начало термодинамики.	Энтропия и второе начало	ПК-2.1; ПК-2.2

	термодинамики Необратимость реальных процессов. Энтропия		Постулаты Карно. Необратимость реальных процессов. Возрастание энтропии.	термодинамики. Классификация видов энергии. Постулаты Карно. Необратимость реальных процессов.	
2	Тема 2. Преобразование энергии. Окружающая среда. Виды эксергии.	2	Ограничения превратимости энергии. Диссипация энергии. Окружающая среда. Виды эксергии.	Ограничения превратимости энергии. Основные причины диссипации энергии. Окружающая среда. Определение и виды эксергии.	ПК-2.1; ПК- 2.2
3	Тема 3. Эксергия теплоты. Фактор Карно. Эксергия излучения.	3	Эксергия теплоты. Фактор Карно. Эксергия излучения.	Фактор Карно. Вывод уравнения эксергии теплоты. Вывод уравнения эксергии теплового излучения.	ПК-2.1
4	Тема 4. Эксергия рабочего тела в закрытой системе и в стационарном потоке.	3	Эксергия рабочего тела в закрытой системе и стационарного потока вещества.	Вывод уравнения эксергии рабочего тела в закрытой системе и эксергии стационарного потока вещества. Работа потока. Взаимосвязь этих видов эксергии.	ПК-2.1; ПК- 2.2
5	Тема 5. Анергия потока теплоты. Анергия потока рабочего тела.	2	Анергия потока теплоты. Анергия потока рабочего тела.	Анергия потока теплоты. Анергия потока рабочего тела. Получение расчетных соотношений.	ПК-2.1
6	Тема 6. Потеря работоспособно- сти. Уравнение Гюи-Столды.	2	Потеря работоспособности. Уравнение Гюи- Столды. Потери эксергии.	Потеря работоспособности. Вывод уравнения Гюи-Столды. Расчетное соотношение для потерь эксергии. Принципиальное различие анергии и потерь эксергии.	ПК-2.1
7	Тема 7. Потери эксергии от	2	Определение потерь эксергии. Диаграмма потоков	Определение потерь эксергии от необратимости при	ПК-2.1; ПК- 2.2

	необратимости при теплообмене и вследствие гидравлических потерь. Диаграмма потоков и потерь эксергии.		и потерь эксергии.	теплообмене и вследствие гидравлических потерь. Диаграмма потоков и потерь эксергии.	
8	Тема 8. Энергетический и эксергетический КПД ТЭЦ, ХМ, ТНУ	2	Энергетический и эксергетический КПД ТЭЦ, ХМ, ТНУ	Энергетический и эксергетический КПД ТЭЦ, ХМ, ТНУ	ПК-2.1, ПК-2.2, ПК -2.3

6. Содержание практических занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Часы	Тема практического занятия	Индикаторы достижения компетенции
1	Тема 1	4	Необратимость реальных процессов. Энтропия	ПК-2.2
2	Тема 3	6	Эксергия теплоты. Фактор Карно.	ПК-2.2
3	Тема 4	8	Эксергия стационарного потока вещества.	ПК-2.1, ПК-2.2, ПК -2.3
4	Тема 5	4	Анергия потока теплоты	ПК-2.2, ПК -2.3
5	Тема 7	6	Потери эксергии от необратимости при теплообмене и вследствие гидравлических потерь	ПК-2.1, ПК-2.2, ПК -2.3
6	Тема 8	8	Эксергетический анализ возможности реализации технической системы	ПК-2.2, ПК -2.3

7. Содержание лабораторных занятий. Проведение лабораторных занятий не предусмотрено учебным планом.

8. Самостоятельная работа студента

№ п/п	Темы, выносимые на самостоятельную работу	Часы	Форма СРС	Индикаторы достижения компетенции
1	Второе начало термодинамики.	6	Устная проработка, выполнение и	ПК-2.1, ПК-2.2, ПК -2.3

	Необратимость реальных процессов. Энтропия.		<i>оформление расчетных заданий, подготовка к экзамену</i>	
2	Преобразование энергии. Окружающая среда. Виды эксергии.	2	<i>Устная проработка, подготовка к экзамену</i>	ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3
3	Эксергия теплоты. Фактор Карно. Эксергия излучения.	8	<i>Устная проработка, подготовка к экзамену</i>	ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3
4	Эксергия рабочего тела в закрытой системе и эксергия стационарного потока вещества.	8	<i>Выполнение и оформление расчетных заданий, подготовка к экзамену</i>	ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3
5	Анергия потока теплоты. Анергия потока рабочего тела.	8	<i>Устная проработка, подготовка к экзамену</i>	ПК-2.2, ПК-2.3
6	Потеря работоспособности. Уравнение Гюи-Стодолы.	6	<i>Выполнение и оформление расчетных заданий, подготовка к экзамену</i>	ПК-2.2, ПК-2.3
7	Потери эксергии от необратимости при теплообмене и вследствие гидравлических потерь. Диаграмма потоков и потерь эксергии.	8	<i>Выполнение и оформление расчетных заданий, подготовка к экзамену</i>	ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3
8	Энергетический и эксергетический КПД ТЭЦ, ХМ, ТНУ.	8	<i>Устная проработка, выполнение и оформление расчетных заданий, подготовка к экзамену</i>	ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3

9. Использование рейтинговой системы оценки знаний.

При оценке результатов деятельности студентов в рамках дисциплины «Эксергетический метод анализа технологических процессов» используется балльно-рейтинговая система. Максимальное и минимальное количество баллов по различным видам учебной работы описано в «Положении о балльно-рейтинговой системе оценки знаний студентов и обеспечения качества учебного процесса» ФГБОУ ВО КНИТУ.

По дисциплине «Эксергетический метод анализа технологических процессов» промежуточным видом контроля является экзамен в 7 семестре. Значения текущего рейтинга по дисциплине выставляются преподавателем при выполнении всех контрольных точек и заданий (исходя из максимальной оценки 100 баллов).

<i>Оценочные средства</i>	<i>Кол-во</i>	<i>Min, баллов</i>	<i>Max, баллов</i>
----------------------------------	----------------------	---------------------------	---------------------------

<i>Устный опрос</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>6</i>
<i>Выполнение практических работ</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>6</i>
<i>Оформление и защита расчетных заданий</i>	<i>4</i>	<i>4*8=32</i>	<i>4*12=48</i>
<i>Экзамен</i>		<i>24</i>	<i>40</i>
<i>Итого:</i>		<i>60</i>	<i>100</i>

10. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

Оценочные средства для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации обучающихся и итоговой (государственной итоговой) аттестации разрабатываются согласно положению о Фондах оценочных средств, рассматриваются как составная часть рабочей программы и оформляются отдельным документом.

11. Информационно-методическое обеспечение дисциплины

При изучении дисциплины «Эксергетический метод анализа технологических процессов» в качестве источников информации рекомендуется использовать следующую литературу:

11.1 Основная литература

Основные источники информации	Кол-во экз.
1. Термодинамические основы циклов теплоэнергетических установок. Учебное пособие для вузов / Александров А.А. - 2-е изд., стереот. - М. : Издательский дом МЭИ, 2006.	ЭБС "Консультант студента" http://www.studentlibrary.ru/doc/ISBN5903072607-SCN0007.html Доступ после регистрации с IP-адресов КНИТУ
2. Методы термодинамического анализа эффективности теплоэнергетических установок. И.Б. Павлова; под ред. В.И. Хвесьюка. Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011. – 108 с	ЭБС "Консультант студента" http://www.studentlibrary.ru/doc/bauman_0344-SCN0005.html Доступ после регистрации с IP-адресов КНИТУ
3. Рудобашта С. П. Теплотехника. - М.: КолосС, 2010. - 599 с.: ил. - (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений).	ЭБС "Консультант студента" http://www.studentlibrary.ru/doc/ISBN9785953206587-SCN0026.html Доступ после регистрации с IP-адресов КНИТУ
4. Техническая термодинамика. Учебник для вузов / В.А. Кириллин, В.В. Сычев, А.Е. Шейндлин. - 5-е изд., перераб. и доп. - М. : Издательский дом МЭИ, 2008.	ЭБС "Консультант студента" http://www.studentlibrary.ru/doc/ISBN9785383002636-SCN0005.html Доступ после регистрации с IP-адресов КНИТУ
5. Основы теории тепловых процессов и машин. В 2 ч. Ч. II / Н.Е. Александров [и др.]; под ред. Н.И. Прокопенко. - 4-е изд. (эл.). - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. - 571 с.: ил.	ЭБС "Консультант студента" http://www.studentlibrary.ru/doc/ISBN9785996308347-SCN0014.html Доступ после регистрации с IP-адресов КНИТУ

11.2 Дополнительная литература

Дополнительные источники информации	Количество экземпляров
1. Бродянский, В.М. Эксергетический метод термодинамического анализ / В.М. Бродянский - М.: Энергия, 1973. - 296 с.	ЭБС "Консультант студента" http://www.studentlibrary.ru/doc/ISBN9785383002636-SCN0005.html Доступ после регистрации с IP-адресов КНИТУ
2. Эксергетический метод и его приложения / В.М. Бродянский [и др.] – М.: Энергоатомиздат, 1988. - 288 с.	ЭБС КнигаФонд http://www.knigafund.ru
3. Бэр, Г.Д. Техническая термодинамика / Г.Д. Бэр – М.: Мир, 1977 -518 с.	ЭБС "Консультант студента" http://www.studentlibrary.ru/doc/ISBN9785383002636-SCN0005.html Доступ после регистрации с IP-адресов КНИТУ
4. Крутов, В.И. Техническая термодинамика / В.И. Крутов – М.: Высшая школа, 1971.- 472 с.	ЭБС "Консультант студента" http://www.studentlibrary.ru/doc/ISBN9785383002636-SCN0005.html Доступ после регистрации с IP-адресов КНИТУ

5. Эксергетический анализ работы промышленных установок / Б.С. Сажин [и др.] – М.: Моск. гос. текстильный ун-т., 2000. – 297 с.	ЭБС КнигаФонд http://www.knigafund.ru
7. Основы анализа и оптимизации энерготехнологических процессов химической технологии / Д.А. Бобров [и др.] – М.: МХТИ им. Д.И. Менделеева, 1986. – 48 с.	ЭБС КнигаФонд http://www.knigafund.ru

11.3 Электронные источники информации

При изучении дисциплины «Эксергетический метод анализа технологических процессов» использование электронных источников информации:

1. ЭБС КнигаФонд <http://www.knigafund.ru>
2. ЭБС Znanium.com <http://znanium.com>
3. ЭБС «IPRbooks» – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru>
4. ЭБС «РУКОНТ» – Режим доступа: <http://rucont.ru>
5. ЭБС «Лань» – Режим доступа: <http://e.lanbook.com/books/>
6. ЭЧЗ «БиблиоТех» – Режим доступа: <https://kstu.bibliotech.ru>
7. ЭБС «Консультант студента»- Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru>
8. Ресурсы Научной Электронной Библиотеки e-library <http://elibrary.ru>
9. Ресурсы электронной библиотеки УНИЦ КНИТУ <http://ruslan.kstu.ru/>

Согласовано:
Зав.сектором ОКУФ



11.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы.

1. Научная электронная библиотека. Доступ свободный: www.elibrary.ru
2. Доступ к научным публикациям. <https://www.sciencedirect.com>

12. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля).

На кафедре теоретических основ теплотехники в учебном процессе при выполнении лабораторных работ и практических занятий используется современная вычислительная техника. Компьютерный класс укомплектован необходимым количеством персональных компьютеров PC AT и программным обеспечением для расчета фазового равновесия и гидродинамических процессов. В качестве материально-технического обеспечения дисциплины используются мультимедийные средства; демонстрационные приборы.

Лекционные занятия:

- а. аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук);
 - б. комплект электронных презентаций, слайдов.
2. Практические работы:
- а. лаборатория А-35 (Компьютерный класс) оснащена 8 компьютерами;
 - б. Программное обеспечение: Ansys Fluent, Chemcad, Mathcad, Delphi;
 - с. аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук);

Лицензированное программное обеспечение и свободно распространяемое программное обеспечение, в том числе отечественного производства, используемое в учебном процессе при освоении дисциплины «Эксергетический метод анализа технологических процессов»:

1. Microsoft Office.
2. Mathcad 15.1,
3. Mathlab R2018b.

13. Образовательные технологии

Удельный вес занятий, проводимых с использованием интерактивной формы обучения при проведении практических занятий составляет 12 часов.

Основные формы:

1. Лекция с разбором конкретных ситуаций при помощи проектора в виде презентаций и слайдов.
2. При отчете по решенным задачам и защите расчетных заданий интерактивной формой является дискуссия и системы дистанционного обучения.