

«

»

“ ”

“ ”

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Термодинамические основы работы теплоэнергетических установок

: 13.03.01

, :

: 3, : 5

		5
1	()	5
2		180
3	, .	86
4	, .	18
5	, .	54
6	, .	0
7	, .	16
8	, .	2
9	, .	12
10	, .	94
11	(, ,)	
12		

(): 13.03.01

1081 01.10.2015 ., : 30.10.2015 .

: 1, ,

(): 13.03.01

, 6 20.06.2017

, 9 21.06.2017

:

,

:

,

:

.

1.

1.1

Компетенция ФГОС: ОПК.2 способность демонстрировать базовые знания в области естественнонаучных дисциплин, готовность выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности; применять для их разрешения основные законы естествознания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования; *в части следующих результатов обучения:*

11.

6.

Компетенция ФГОС: ПК.3 способность участвовать в проведении предварительного технико-экономического обоснования проектных разработок энергообъектов и их элементов по стандартным методикам; *в части следующих результатов обучения:*

10.

2.

2.1

--	--

.2. 6	
--------------	--

1.термодинамические процессы и циклы преобразования энергии, протекающие в теплотехнических установках	; ;
--	-----

2.применять полученные знания для расчета основных характеристик термодинамических процессов и циклов	; ;
---	-----

.2. 11	
---------------	--

3.типовые диаграммы состояния рабочих тел;	; ;
--	-----

4.пользоваться типовыми диаграммами состояния с целью определения параметров рабочих тел теплотехнических установок	; ;
---	-----

.3. 10	
---------------	--

5.методы оценки эффективности термодинамических процессов и циклов теплотехнических установок	; ;
---	-----

6.особенности и методы расчета термодинамических процессов и циклов теплотехнических установок	; ;
--	-----

3.

3.1

--	--	--	--	--	--

: 5

:				
1.	0	2	1, 2	
2.	0	2	1, 2	
:				
3.	0	2	1, 2, 3, 4	
:				
4.	2	4	6	
5.	0	2	6	
5.	0	1	6	
6.	0	1	5	
7.	0	2	5	
8.	0	2	5	

3.2

:				
: 5				
:				
1.	0	6	1, 2	
2.	0	6	1, 2	
:				
3.	0	6	1, 2, 3, 4	
:				
4.	2	4	2, 5	
5.	2	4	5, 6	

6.	2	4	5, 6	
7.	2	4	5, 6	
8.	2	4	5, 6	
9.	2	4	5, 6	
10.	0	6	5	
11.	2	6	5, 6	

4.

: 5				
1		5, 6	10	2
<p style="text-align: center;">: - ; [. ,] . - 100500 / , 2004. - 38 . : .. - : http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000031766</p>				
2		1, 2, 3, 4, 5, 6	36	4
<p style="text-align: center;">: - ; [. ,] . - 100500 / , 2004. - 38 . : .. - http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000031766</p>				
3		1, 2, 3, 4, 5, 6	48	6
<p style="text-align: center;">: - ; [. ,] . - 100500 / , 2004. - 38 . : .. - http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000031766</p>				

5.

(. 5.1).

5.1

	-
	e-mail;

1		.3;
Формируемые умения: з10. знать основы термодинамического анализа рабочих процессов теплотехнических установках для определения их параметров, тепловой эффективности, оптимизации их рабочих характеристик и максимизации КПД		
Краткое описание применения:		

6.

(),

-
15-

ECTS.

. 6.1.

6.1

: 5		
<i>Лекция:</i>	7	15
<i>Практические занятия:</i>	8	15
<i>РГЗ:</i>	15	30
<i>Экзамен:</i>	20	40

6.2

6.2

.2	11.		
	6.		
.3	10.		

1

7.

1. Комплексные исследования ТЭС с новыми технологиями : [монография / П. А. Щинников и др.]. - Новосибирск, 2005. - 527 с. : ил. - Режим доступа:http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000044903

2. Овчинников Ю. В. Основы технической термодинамики : [учебник] / Ю. В. Овчинников. - Новосибирск, 2010. - 291 с. : ил., табл., схемы. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000127381

3. Ноздренко Г. В. Комплексный эксергетический анализ энергоблоков ТЭС с новыми технологиями : [монография] / Г. В. Ноздренко, П. А. Щинников ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2009. - 189 с. : схемы, табл.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000114819

1. Нащокин В. В. Техническая термодинамика и теплопередача : Учеб. пособие для неэнерг. спец. вузов. - М., 1975. - 496 с.

2. Кудинов, А.А. Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях. [Электронный ресурс] / А.А. Кудинов, С.К. Зиганшина. — Электрон. дан. — М. : Машиностроение, 2011. — 374 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/2014> — Загл. с экрана.

1. ЭБС НГТУ : <http://elibrary.nstu.ru/>

2. ЭБС «Издательство Лань» : <https://e.lanbook.com/>

3. ЭБС IPRbooks : <http://www.iprbookshop.ru/>

4. ЭБС "Znanium.com" : <http://znanium.com/>

5. :

8.

8.1

1. Техническая термодинамика : программа, методические указания и контрольные задания для студентов-заочников специальности 100500 / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: Ю. И. Шаров, И. В. Бородихин]. - Новосибирск, 2004. - 38 с. : ил.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000031766

8.2

1 Windows

2 Office

9.

1	(- , ,)	,

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»

Кафедра тепловых электрических станций

“УТВЕРЖДАЮ”
ДЕКАН ФЭН
к.э.н., доцент С.С. Чернов
“ ____ ” _____ г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Термодинамические основы работы теплоэнергетических установок
Образовательная программа: 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника, профиль:
Производство тепловой и электрической энергии

1. Обобщенная структура фонда оценочных средств учебной дисциплины

Обобщенная структура фонда оценочных средств по дисциплине Термодинамические основы работы теплоэнергетических установок приведена в Таблице 1.

Таблица 1

Формируемые компетенции	Показатели сформированности компетенций (знания, умения, навыки)	Темы	Этапы оценки компетенций	
			Мероприятия текущего контроля (курсовой проект, РГЗ(Р) и др.)	Промежуточная аттестация (экзамен, зачет)
ОПК.2 способность демонстрировать базовые знания в области естественнонаучных дисциплин, готовность выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности; применять для их разрешения основные законы естествознания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	з9. знать законы сохранения и превращения энергии применительно к системам передачи и трансформации теплоты, калорические и переносные свойства веществ применительно к рабочим телам тепловых машин и теплоносителям, термодинамические процессы и циклы преобразования энергии, протекающие в теплотехнических установках	Расчет циклов газотурбинных установок Расчет циклов поршневых двигателей внутреннего сгорания Расчет различных видов эксергии и ее составляющих Расчет цикла Ренкина на перегретом паре с/без промежуточного перегрева пара. Определение расхода пара в регенеративных отборах. Расчет основных характеристик цикла. Цикл Ренкина на перегретом паре. Влияние параметров цикла на термический КПД цикла Ренкина. Цикл ПТУ с промежуточным перегревом пара. Регенеративный цикл. Основные характеристики цикла. Теплофикационные установки. Циклы газотурбинных установок Циклы поршневых двигателей внутреннего сгорания		Экзамен, вопросы 1-11
ОПК.2	з14. знать типовые диаграммы состояния	Расчет цикла Ренкина на перегретом паре с/без промежуточного перегрева пара. Определение расхода пара в регенеративных отборах. Расчет основных характеристик цикла. Цикл Ренкина на перегретом паре. Влияние параметров цикла на термический КПД цикла Ренкина. Цикл ПТУ с промежуточным перегревом пара. Регенеративный цикл. Основные характеристики цикла. Теплофикационные установки.		Экзамен, вопросы 8-11
ПК.3/РП способность участвовать в проведении предварительного технико-экономического обоснования проектных разработок энергообъектов и их элементов по стандартным	з10. знать основы термодинамического анализа рабочих процессов теплотехнических установках для определения их параметров, тепловой эффективности, оптимизации их рабочих характеристик и максимизации КПД	Расчет различных видов эксергии и ее составляющих Расчет эксергетического КПД и эксергетических потерь в элементах газотурбинной установки Расчет эксергетического КПД и эксергетических потерь в элементах паротурбинной установки Расчет эксергетического КПД и эксергетических потерь рекуперативных теплообменных аппаратов Расчет эксергетического	РГЗ, разделы 4, 5	Экзамен, вопросы 12-24

методикам		КПД и эксергетических потерь смесительных теплообменных аппаратов Расчет эксергетического КПД и эксергетических потерь топливоиспользующих установок Эксергетические потери. Закон Гюи-Стодолы. Эксергетический анализ газотурбинной установки Эксергетический анализ паротурбинной установки Эксергетический анализ рекуперативных теплообменных аппаратов Эксергетический анализ смесительных теплообменных аппаратов Эксергия. Виды эксергии и ее составляющие.		
-----------	--	--	--	--

2. Методика оценки этапов формирования компетенций в рамках дисциплины.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в 5 семестре - в форме устного экзамена, который направлен на оценку сформированности компетенций ОПК.2, ПК.3/ПП.

Кроме того, сформированность компетенций проверяется при проведении мероприятий текущего контроля, указанных в таблице раздела 1.

В 5 семестре обязательным этапом текущей аттестации является расчетно-графическое задание (работа) (РГЗ (Р)). Требования к выполнению РГЗ (Р), состав и правила оценки сформулированы в паспорте РГЗ (Р).

Общие правила выставления оценки по дисциплине определяются балльно-рейтинговой системой, приведенной в рабочей программе дисциплины.

На основании приведенных далее критериев можно сделать общий вывод о сформированности компетенций ОПК.2, ПК.3/ПП, за которые отвечает дисциплина, на разных уровнях.

Общая характеристика уровней освоения компетенций.

Ниже порогового. Уровень выполнения работ не отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, пробелы могут носить существенный характер, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы не достаточно, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнены или выполнены с существенными ошибками.

Пороговый. Уровень выполнения работ отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые виды заданий выполнены с ошибками.

Базовый. Уровень выполнения работ отвечает всем основным требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые из выполненных заданий, возможно, содержат ошибки.

Продвинутый. Уровень выполнения работ отвечает всем требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному.

Паспорт экзамена

по дисциплине «Термодинамические основы работы теплоэнергетических установок»,
5 семестр

1. Методика оценки

Экзамен проводится в письменной форме, по тестам. Тест состоит из 20 вопросов и охватывает темы из общего перечня (п.4). Время выполнения теста составляет 40 минут. За каждый правильный ответ студент получает 2 балла.

Пример теста для экзамена

1. Степень предварительного расширения для цикла ДВС Тринклера представляет собой:
 - a) отношение начального удельного объема рабочего тела к его удельному объему в конце сжатия;
 - b) отношение объемов в конце и в начале изобарного процесса подвода теплоты;
 - c) отношение давлений в конце и в начале изохорного процесса подвода теплоты.
2. Номинальная мощность турбины ПТ-25/30-90/10 составляет:
 - a) 30 МВт
 - b) 25 кВт
 - c) 90 кВт
 - d) 25 МВт
3. От чего зависит эксергия теплоты?
 - a) от температур окружающей среды и системы;
 - b) от температуры системы и количества теплоты;
 - c) от количества теплоты и температуры окружающей среды;
 - d) от температур окружающей среды и системы и от количества теплоты;
 - e) от температур окружающей среды и системы, от количества теплоты и от затрачиваемой работы на перекачивание теплоносителя.
4. Удельные потери эксергии при дросселировании насыщенного водяного пара от давления 2 МПа до давления 600 кПа при температуре окружающей среды 20 °С, а давлении 100 кПа.
 - a. -27,835 кДж/кг;
 - b. -1,9 кДж/кг;
 - c. 0 кДж/кг;
 - d. -6,86 кДж/кг.
5. К неограниченно преобразуемым видам энергии относятся:
 - a. внутренняя энергия системы, которая не находится в состоянии равновесия с окружающей средой, теплота при $T \neq T_0$, химическая энергия;
 - b. внутренняя энергия окружающей среды и таких систем, которые находятся в состоянии равновесия с окружающей средой, теплоты при температуре окружающей среды;
 - c. полезная работа, кинетическая, потенциальная, электрическая энергии.

2. Критерии оценки

- Ответ на тест считается **неудовлетворительным**, если количество баллов за правильные ответы теста составляет *менее 20 баллов*.
- Ответ на тест засчитывается на **пороговом** уровне, если количество баллов за правильные ответы теста составляет *20-30 баллов*.
- Ответ на тест билет засчитывается на **базовом** уровне, если количество баллов за правильные ответы теста составляет *31-35 баллов*.
- Ответ на тест билет засчитывается на **продвинутом** уровне, если количество баллов за правильные ответы теста составляет *более 35 баллов*

3. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине экзаменационные баллы учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

4. Вопросы к экзамену по дисциплине «Термодинамические основы работы теплоэнергетических установок»

Циклы двигателей внутреннего сгорания

1. Изобразить цикл Отто в PV - и TS - координатах, описать рабочий процесс ДВС, дать определение основным характеристикам цикла.
2. Изобразить цикл Дизеля в PV - и TS - координатах, описать рабочий процесс ДВС, дать определение основным характеристикам цикла.
3. Изобразить цикл Тринклера-Сабатэ в PV - и TS - координатах, описать рабочий процесс ДВС, дать определение основным характеристикам цикла.
4. Сравнить циклы Отто и Дизеля при одинаковых степенях сжатия и одинаковых максимальных температурах сгорания.

Циклы ГТУ

5. Дать описание ГТУ с подводом теплоты при $v=const$, принцип действия камеры сгорания. Цикл ГТУ в PV - и TS -координатах, характеристики цикла.
6. Дать описание ГТУ с подводом теплоты при $p=const$, принцип действия камеры сгорания. Цикл ГТУ в PV - и TS -координатах, характеристики цикла.
7. Дать описание ГТУ с регенерацией. Цикл ГТУ в PV - и TS -диаграммах, характеристики цикла.
(Дополнительно знать типы ГТУ, относительный внутренний КПД компрессора и турбины, эффективную работу, эффективный КПД, эффективную мощность)

Циклы ПТУ

8. Схема и цикл (PV , TS диаграмма) паротурбинной установки на перегретом паре, термический КПД цикла.
9. Влияние параметров цикла Ренкина на термический КПД (начальная температура, начальное давление, конечное давление пара).
10. Схема и цикл (TS диаграмма) паротурбинной установки с вторичным перегревом пара, термический КПД цикла.
11. Регенеративный цикл паротурбинной установки с подогревателями смешивающего типа, термический КПД цикла.
(Дополнительно знать основные характеристики цикла, теплофикационные установки, основные обозначения турбин)

Эксергия

12. Понятие «эксергия» (с выводом). Различия в понятиях «эксергия» и «энергия». Виды эксергии и ее составляющие.
13. Эксергия вещества в замкнутом объеме (с выводом).
14. Эксергия вещества в потоке (с выводом).
15. Эксергия потока теплоты (с выводом).
16. Эксергетический баланс. Эксергетическая производительность (эксергетический КПД). Виды потерь эксергии.
17. Закон Гюи-Стодолы (с выводом). Виды потерь эксергии.
18. Типы теплообменных аппаратов. Эксергетический анализ рекуперативных теплообменных аппаратов.
19. Типы теплообменных аппаратов. Эксергетический анализ смесительных теплообменных аппаратов.
20. Эксергетический анализ топливоиспользующих установок. Эксергия топлива.
21. Роль потерь эксергии в различных элементах системы.
22. Основные принципы дифференциального эксергетического анализа на примере ПГУ с газификацией угля. Эксергетический коэффициент внутрициклового возврата потерь. Структурный коэффициент эксергетических связей.

Паспорт расчетно-графического задания (работы)

по дисциплине «Термодинамические основы работы теплоэнергетических установок»,
5 семестр

1. Методика оценки

В рамках расчетно-графического задания (работы) по дисциплине студенты должны на основании расчета горения и материального баланса составить баланс энергии и эксергии котельного агрегата. В балансе эксергии разделить внешние и внутренние потери эксергии, учитывая отдельно необратимость горения, потери тепла в окружающую среду и остаточные потери необратимости. Построить диаграммы энергетического и эксергетического балансов.

Обязательные структурные части РГЗ (Р):

1. Титульный лист (образец оформления представлен в Приложении 1);
2. Задание;
3. Вычисление материального баланса;
4. Энергетический баланс котельного агрегата;
5. Эксергетический баланс котельного агрегата;
6. Диаграммы энергетического и эксергетического балансов.

Оцениваемые позиции:

1. Правильность вычислений;
2. Соответствие построенных диаграмм полученным результатам;
3. Наличие структурных частей.

7. Критерии оценки

- Работа считается **не выполненной**, если выполнены не все части РГЗ (Р), отсутствует или выполнен неправильно расчет процесса горения или материального баланса, неверно составлены энергетические и эксергетические балансы, Неверно разделены внутренние и внешние потери эксергии, не выполнено построение диаграмм энергетического и эксергетического балансов.
- Работа считается выполненной **на пороговом** уровне, если части РГЗ (Р) выполнены формально: содержится неточности в расчете процесса горения или материального баланса, неверно составлены энергетические и эксергетические балансы, Неверно разделены внутренние и внешние потери эксергии, диаграммы энергетического и эксергетического балансов не соответствуют рассчитанным значениям, оценка составляет 50-72 баллов.
- Работа считается выполненной **на базовом** уровне, если выполнен расчет процесса горения и материального баланса, верно составлены энергетические и эксергетические балансы, верно разделены внутренние и внешние потери эксергии, не верно выполнены диаграммы энергетического и эксергетического балансов, оценка составляет 73-86 баллов.
- Работа считается выполненной **на продвинутом** уровне, если выполнен расчет процесса горения и материального баланса, верно составлены энергетические и эксергетические балансы, верно разделены внутренние и внешние потери эксергии, верно выполнены

диаграммы энергетического и эксергетического балансов, оценка составляет 73-86 баллов.

8. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине баллы за РГЗ (Р) учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

9. Примерный перечень тем РГЗ (Р)

Пример задания для выполнения РГЗ (Р):

Наименование показателя	Обозначение, ед. измерения	Значение
Состав сжигаемого топлива (г - горючая масса топлива, р - рабочая масса топлива)	$C^g, \%$	83
	$H^g, \%$	6
	$N^g, \%$	8
	$O^g, \%$	1
	$S^g, \%$	2
	$W^p, \%$	30
	$A^c, \%$	42
Низшая рабочая теплота сгорания топлива	$Q_n^p, \text{МДж/кг}$	13,2
Параметры острого пара за котлом	$P_0, \text{МПа}$	11
	$t_0, \text{°C}$	500
Температура питательной воды	$t_{пв}, \text{°C}$	190
Давление в барабане	$P_6, \text{МПа}$	13
Температура уходящих газов	$t_{ух}, \text{°C}$	130
Расход острого пара	$D_p, \text{т/ч}$	165
Масса золы, образующаяся с 1 кг топлива	$G_{зл}, \text{кг/кг}$	0,025
Масса шлака, образующаяся с 1 кг топлива	$G_{шл}, \text{кг/кг}$	0,018
Массовая доля углерода в золе	$M_{зл}, \text{кг/кг}$	0,025
Массовая доля углерода в шлаке	$M_{шл}, \text{кг/кг}$	0,036
Температура шлака	$t_{шл}, \text{°C}$	1150

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»

Кафедра Тепловых электрических станций

Расчетно-графическое задание
по дисциплине «Термодинамические основы работы
теплоэнергетических установок»

Направление подготовки: 13.03.01 – Теплоэнергетика и теплотехника

Выполнил:
Студент _____
Группа _____
Факультет _____

подпись

« ____ » _____ 20 ____ г.

Проверил: _____
(Ф.И.О)

Балл _____, ECTS _____,

Оценка _____
«отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неуд.»

подпись

« ____ » _____ 20 ____ г.