

«

»

“ ”

“ ”

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Электротехнологические системы и установки

: 13.03.02

: 3 4, : 6 7 8

		6	7	8
1	()	0	3	5
2		0	108	180
3	, .	4	19	23
4	, .	4	6	8
5	, .	0	2	2
6	, .	0	2	2
7	, .	0	8	10
8	, .	0	2	2
9	, .		7	9
10	, .	0	85	157
11	(, ,)			
12				

(): 13.03.02

955 03.09.2015 ., : 25.09.2015 .

: 1, ,

(): 13.03.02

, 4 20.06.2017

, 6 21.06.2017

:

,

:

,

:

. . .

1.

1.1

Компетенция ФГОС: ОПК.2 способность применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач; в части следующих результатов обучения:	
11.	
Компетенция ФГОС: ПК.1 способность участвовать в планировании, подготовке и выполнении типовых экспериментальных исследований по заданной методике; в части следующих результатов обучения:	
1.	
Компетенция ФГОС: ПК.3 способность принимать участие в проектировании объектов профессиональной деятельности в соответствии с техническим заданием и нормативно-технической документацией, соблюдая различные технические и экологические требования; в части следующих результатов обучения:	
7.	
1.	
6.	
Компетенция ФГОС: ПК.6 способность рассчитывать режимы работы объектов профессиональной деятельности; в части следующих результатов обучения:	
1.	
2.	

2.

2.1

, , ,) (
-----------	--

.1. 1	
1. знать структуру процесса разработки электротехнологических установок и систем	; ; ;
2. знать методику теплового и электрического расчета печей сопротивления.	; ;
.3. 7	
3. знать закономерности распространения электромагнитной волны в различных телах	; ; ;
4. знать методику расчета плоских и цилиндрических индукторов	; ;
.3. 1	
-	

5.уметь выполнять расчеты тепловых, электрических и энергетических характери-стик и проектирования индукционных установок	; ;
.2. 11	
6.уметь проводить расчет и выбор основных конструктивных параметров электропечей сопротивления	; ;
7. уметь рассчитывать геометрические и электрические параметры нагревателей из сплавов сопротивления по инженерной методике	; ;
.3. 6	
8.уметь осуществлять выбор оптимальной футеровки печи	; ;
.6. 1	
9.уметь проводить расчет основных эксплуатационных параметров электропечей сопротивления.	; ;
.3. 1	
-	
10.уметь определять мощность и тепловые эксплуатационные показатели электропечи сопротивления (КПД, удельного расхода электроэнергии, времени разогрева печи).	; ; ;
.6. 2	
11.уметь проводить расчет и выбор основных конструктивных параметров элек-тропечей сопротивления и индукционных установок	; ;
.1. 1	
12.знать материалы для электротермических установок	; ;
13.знать этапы разработки электротехнологического оборудования	
14.знать классификацию электротермического оборудования	; ;
15.знать технические, технико-экономические и эксплуатационные характеристики электропечей сопротивления	; ;
.3. 6	
16.уметь обосновывать перспективные направления развития электропечей сопротивления и установок индукционного нагрева	
.3. 7	
17.знать особенности электропечей сопротивления и индукционных установок как нагрузки электрической цепи	
.3. 1	
-	
18.уметь выполнять исследование на математических моделях физических явлений при индукционном нагреве	; ;
.1. 1	

19.знать методы исследования процесса нагрева изделий в электропечай сопротивления	
20.знать современные тенденции и уровень развития электропечей сопротивления	;

3.

3.1

	,	.		
: 6				
:				
24.	0	2	1	,
:				
13.	0	2	14	.
:				
: 7				
:				
14.	2	2	3	
15.	2	2	3	
25.	0	2	15	,
:				
: 8				
:				
6.	0	2	10, 2, 6, 7, 8, 9	
8.	2	2	15, 2, 20	
9.	2	2	2, 6, 7	
10.	2	2	10, 6	.

3.2

	,	.		
--	---	---	--	--

:7					
:					
6.		2	2	18, 3, 5	HIT.
:8					
:					
1.		2	2	1, 10, 6, 9	

3.3

:7					
:					
25.		1	1	10, 12, 3, 5	
:					
23.		1	1	11, 12, 3, 4	
:8					
:					
16.		1	1	1, 6, 8	

17.	1	1	2, 6	
-----	---	---	------	--

3.4

	,	.		
: 7				
:				
16.	0	4	3	.
18.	0	4	3, 4	.
19.	0	4	11	.
:				
20.	0	4	16, 17	.
21.	0	4	1, 3, 4	.
21.	0	4	11, 17, 5	.
22.	0	4	1, 4, 5	.
22.	0	2	11, 5	.
23.	0	2	11, 12, 16, 17, 5	.
24.	0	2	16, 17, 3, 4	.
: 8				
:				
1.	0	2	1, 13, 14	.
:				
1.	0	2	13, 14	.
2.	0	2	14	.
:				

3.	0	6	12	.
13.	0	2	12, 8	.
:				
4.	0	2	8	.
:				
5.	0	6	13, 15, 20	.
14.	0	8	10, 12, 2, 6, 8	.
15.	0	2	15, 20	.
18.	0	6	2, 6	.
19.	0	4	2, 6	.
20.	0	6	10, 15, 2, 6, 9	.
25.	0	6	2	.
:				
11.	0	4	2, 20, 6, 9	.
12.	0	2	14	.

4.

: 7				
1		1, 11, 12, 13, 14, 16	21	3

	<p>0,5 1</p> <p>[]:</p> <p>, [2014]. - : http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000192624. -</p> <p>3 4</p> <p>], - , 2008. - 52 .: , ..- :</p> <p>http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2008/3588.rar</p>	10, 12, 13, 15, 17, 19, 2, 20, 6, 7, 8, 9	10	0
2	<p>0,5 1</p> <p>[]:</p> <p>, [2014]. - : http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000192624. -</p> <p>3-4</p> <p>], - , 2008. - 34, [2] .: , ..- :</p> <p>http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2008/2008_3589.pdf</p> <p>() []:</p> <p>, [2012]. - : http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000179304. -</p>	15, 17, 19, 20, 6, 9	20	2
3	<p>21</p> <p>[]:</p> <p>3 4</p> <p>], - , 2008. - 52 .: , ..- :</p> <p>http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2008/3588.rar</p>	1, 11, 12, 16, 17, 3, 4, 5	36	2
4				

	<p>1, -1 -2</p> <p>30</p> <p>3-4</p> <p>/ ;[, . . .].-</p> <p>, 2008. - 34, [2] .: ., ..- :</p> <p>http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2008/2008_3589.pdf</p> <p>[]:</p> <p>, . . . ; [2014]. - :</p> <p>http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000192624. -</p> <p>[]:</p> <p>; . . . , [2011]. - :</p> <p>http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000161635. -</p> <p>() []:</p> <p>- / . . . , . . . ;</p> <p>. . . - . - , [2012]. - :</p> <p>http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000179304. -</p>	17, 18, 20, 3, 5	32	2
4	<p>38</p> <p>[-] :</p> <p>/ ; . . . - . -</p> <p>, [2014]. - : http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000192624. -</p> <p>" - "</p> <p>3 4</p> <p>/ ; [, . . .].- , 2008. - 52 .: ., ..- :</p> <p>http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2008/3588.rar</p>	1, 10, 12, 13, 14, 15, 2, 20, 6, 8, 9	60	0
5	<p>3.4 :</p> <p>" - "</p> <p>3 4</p> <p>/ ; [, . . .].- , 2008. - 52 .: ., ..- :</p> <p>http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2008/3588.rar</p> <p>() []:</p> <p>- / . . . , . . . ;</p> <p>. . . - . - , [2012]. - :</p> <p>http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000179304. -</p>			

5.

(. 5.1).

5.1

	e-mail;
	e-mail;
	e-mail

6.

(),

-
15-

ECTS.

. 6.1.

6.1

: 7		
<i>Лекция:</i>	6	12
<i>Лабораторная:</i>	6	12
<i>Практические занятия:</i>	6	12
<i>РГЗ:</i>	22	44
<i>Курсовой проект:</i>	50	100 (в состав баллов за КП)
<i>Зачет:</i>	10	20
: 8		
<i>Лекция:</i>	6	12
<i>Лабораторная:</i>	6	24
<i>Практические занятия:</i>	6	24
<i>Экзамен:</i>	20	40

6.2

6.2

			/	
.2	11.		+	+
.1	1.	+	+	+
.3	7.	+		+
	1.	+		+
	6.	+		+
.6	1.			+

	2.		+			+
--	----	--	---	--	--	---

1

7.

1. Электротехнологические установки и системы. Теплопередача в электротехнологии. Упражнения и задачи : учебное пособие для вузов по специальности 140605 "Электротехнологические установки и системы", направления подготовки 140600 "Электротехника, электромеханика и электротехнологии" / [В. С. Чередниченко и др.] ; под ред. В. С. Чередниченко, А. И. Алиферова. - Новосибирск, 2011. - 570 с. : схемы, табл. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000162819. - Парал. тит. л. англ..
2. Теплопередача. [В 2 ч.]. Ч. 1 : [учебное пособие для вузов / В. С. Чередниченко и др.] ; под ред. В. С. Чередниченко ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2008. - 231 с. : ил. - Режим доступа: <http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2008/cheredn1.pdf>. - Инновационная образовательная программа НГТУ "Высокие технологии".
3. Теплопередача. [В 2 ч.]. Ч. 2 : [учебное пособие для вузов / В. С. Чередниченко и др.] ; под общ. ред. В. С. Чередниченко и А. И. Алиферова ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2010. - 378 с. : ил., табл. - Режим доступа: <http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2010/cherednich.pdf>. - Доп. тит. л. англ..
4. Специальные главы электродинамики. Электромагнитные поля и расчеты электрических параметров токоведущих элементов электротехнологических установок [Электронный ресурс] : учебное пособие / А. И. Алиферов, С. Луци, Л. П. Горева, Р. А. Бикеев ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2011]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000162444. - Загл. с экрана.
5. Горева Л. П. Электротермические процессы и установки [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / Л. П. Горева, Р. А. Бикеев ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2014]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000192624. - Загл. с экрана.
6. Сеницын В. А. Задачи для РГР [Электронный ресурс] : сборник задач и упражнений / В. А. Сеницын, В. С. Чередниченко, А. И. Алиферов ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2013]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000183641. - Загл. с экрана.
7. Шишкин А. В. Электротехнологические установки и системы (электрические печи сопротивления) [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / А. В. Шишкин, А. И. Алиферов ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2012]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000179304. - Загл. с экрана.
8. Сеницын В. А. Специальные главы теории теплообмена [Электронный ресурс] : сборник задач и упражнений / В. А. Сеницын, А. И. Алиферов ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2013]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000183646. - Загл. с экрана.
9. Алиферов А. И. Установки специального электронагрева. Наноструктурные материалы и пленки. Электротехнологии для получения наноструктурных материалов [Электронный ресурс] : учебное пособие / А. С. Алиферов, Н. И. Тимошенко ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2012]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000176260. - 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. Сеницын В. А. Теория электронагрева и теплопередачи [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / В. А. Сеницын ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2011]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000161635. - Загл. с экрана.
2. Электротехнологические установки и системы установки индукционного нагрева : альбом футеровок индукционных тигельных и канальных электропечей и эскизы систем "индуктор-садка" тигельных электропечей : методические указания для выполнения курсового проекта 3 и 4 курсов ФМА дневного и заочного отделений / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост. А. И. Алиферов, С. Н. Малышев, Н. А. Лебединская]. - Новосибирск, 2008. - 52 с. : черт., табл. - Режим доступа: <http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2008/3588.rar>
3. Электротехнологические установки и системы. Электрические печи сопротивления : методические указания к курсовому проекту для 3-4 курсов факультета мехатроники и автоматизации дневного и заочного отделений / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост. А. И. Алиферов, М. Н. Курапина]. - Новосибирск, 2008. - 34, [2] с. : табл., ил. - Режим доступа: http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2008/2008_3589.pdf

8.2

1 Ansys Academic Research

9.

-

1	1,6 2,5 08/2	2

1	.	,

2	$0,6 \frac{2}{16}$:
3	.	3
4	$3 \frac{66}{7}$	

1. Обобщенная структура фонда оценочных средств учебной дисциплины

Обобщенная структура фонда оценочных средств по дисциплине Электротехнологические системы и установки приведена в Таблице.

Таблица

Формируемые компетенции	Показатели сформированности компетенций (знания, умения, навыки)	Темы	Этапы оценки компетенций	
			Мероприятия текущего контроля (курсовой проект, РГЗ)	Промежуточная аттестация (экзамен, зачет)
ОПК.2 способность применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач	у13. уметь на основе знания физической сущности явлений и процессов в устройствах различной физической природы выполнять применительно к ним простые технические расчеты	Конструкция, расчет и эксплуатационные показатели установок электроконтактного нагрева Особенности электропитания электропечей сопротивления. Требования к источнику питания. Расчет и выбор конструктивных основных параметров вакуумных электропечей сопротивления Расчет и выбор оптимальной футеровки электропечи сопротивления Тепловой баланс электропечи сопротивления Электрический расчет электропечи сопротивления Энергетический баланс электропечи сопротивления	Курсовая работа, разделы 3, 4	Зачет, вопросы 17, 18
ПК.1/НИ способность участвовать в планировании, подготовке и выполнении типовых экспериментальных исследований по заданной методике	з1. знать современные методы анализа и экспериментального исследования объектов электротехники и электротехнологии	Индукционные установки для поверхностной закалки Исследование нагрева изделий различной степени теплотехнической массивности в электропечи периодического действия Классификация, технико-экономические характеристики и области применения электропечей сопротивления Классификация установок прямого нагрева Конструкция, расчет и эксплуатационные показатели установок электроконтактного нагрева Конструкция электротехнологических установок и систем - электрических печей сопротивления Методика выполнения теплового и электрического расчета печей сопротивления. Методы энергосбережения в установках резистивного нагрева. Обоснование конструкции индукционных тигельных и канальных печей Обоснование конструкции ЭПС косвенного действия. Выбор рабочей температуры, размеров рабочего пространства и камеры печи Основные научно-технические проблемы и перспективы развития электротехнологии Применение схем замещения для расчета коротких индукторов. Электрический расчет индукционной тигельной печи Расчет и выбор оптимальной футеровки электропечи сопротивления Режимы работы нагревательных и плавильных электропечей сопротивления Тепловой баланс электропечи сопротивления Тепловой расчет и энергетический баланс ИТП и ИКП Технологические процессы, реализуемые в электропечах сопротивления. Требования к конструкции электропечей сопротивления Условия выбора высокотемпературных материалов Электрический расчет электропечи сопротивления Энергетический баланс электропечи сопротивления Этапы разработки электротехнологических установок	Курсовая работа разделы 1- 4 , РГЗ, разделы 1 -6	Зачет, вопросы 29 - 34

ПК.3/ПК способность принимать участие в проектировании объектов профессиональной деятельности в соответствии с техническим заданием и нормативно-технической документацией, соблюдая различные технические и экологические требования	зб. знать характер протекания электромагнитных, тепловых и механических процессов в электротехнических комплексах	Индукционные плавильные каналные печи Индукционные плавильные тигельные печи Индукционные установки для поверхностной закалки Обоснование конструкции индукционных тигельных и каналных печей Особенности электрического расчета ИТП с кусковой шихтой. Распространение электромагнитной волны в полубесконечной однородной проводящей среде Тепловой расчет и энергетический баланс ИТП и ИКП Технологические процессы, реализуемые в индукционных плавильных установках Электромагнитная волна в двухслойной среде Электромагнитная волна в ферромагнитной среде Электромагнитные явления в системе индуктор - металлический цилиндр	РГЗ, раздел 3, 5	Экзамен, вопросы 1 - 7.
	у1. уметь проектировать объекты электротехнического и энергетического оборудования и оптимизировать проектные решения в соответствии с техническим заданием и нормативно-технической документацией с учетом предъявляемых требований	Индукционные нагревательные установки Индукционные плавильные каналные печи Исследование энергетических характеристик, распределения магнитного, электрического и температурного полей в металлических изделиях при постоянном токе в индукторе Обоснование конструкции индукционных тигельных и каналных печей Применение схем замещения для расчета коротких индукторов. Электрический расчет индукционной тигельной печи Расчет и выбор оптимальной футеровки электропечи сопротивления Рациональная эксплуатация электрических печей сопротивления Тепловой баланс электропечи сопротивления	РГЗ, разделы 1 - 4	Зачет, вопросы 13 - 20 Экзамен, вопросы 8 17
	уб. уметь сопоставлять альтернативные варианты конструктивного исполнения различных элементов разрабатываемого электротехнологического оборудования	Измерение температуры в электропечах сопротивления Индукционные плавильные тигельные печи Индукционные установки для поверхностной закалки Обоснование конструкции ЭПС косвенного действия. Выбор рабочей температуры, размеров рабочего пространства и камеры печи Особенности электрического расчета ИТП с кусковой шихтой. Тепловой баланс электропечи сопротивления Условия выбора высокотемпературных материалов	РГЗ, разделы 1, 2	Зачет, вопросы 1 - 12 Экзамен, вопросы 18 - 22
ПК.6/ПТ способность рассчитывать режимы работы объектов профессиональной деятельности	у1. уметь выполнять основные технические расчеты процессов в электро-энергетических и электротехнических установках	Методы энергосбережения в установках резистивного нагрева. Тепловой баланс электропечи сопротивления		Зачет, вопросы 21 - 28
	у2. уметь рассчитывать основные эксплуатационные параметры промышленных электротехнологических установок	Индукционные нагревательные установки Индукционные плавильные каналные печи Индукционные установки для поверхностной закалки Применение схем замещения для расчета коротких индукторов Тепловой расчет и энергетический баланс ИТП и ИКП	РГЗ, раздел 3	Экзамен, вопросы 23 - 30

2. Методика оценки этапов формирования компетенций в рамках дисциплины.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в 7 семестре - в форме дифференцированного зачета, в 8 семестре - в форме экзамена, который направлен на оценку сформированности компетенций ОПК.2, ПК.1/НИ, ПК.3/ПК, ПК.6/ПТ.

Зачет 7 семестра проводится в устной форме, по билетам.

Экзамен 8 семестра проводится в устной форме, по билетам.

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

В 8 семестре обязательным этапом текущей аттестации является курсовая работа. Требования к выполнению курсовой работы, состав и правила оценки сформулированы в паспорте курсовой работы.

В 7 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 учебной дисциплины.

На основании приведенных далее критериев можно сделать общий вывод о сформированности компетенций ОПК.2, ПК.1/НИ, ПК.3/ПК, ПК.6/ПТ, 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.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»
Кафедра автоматизированных электротехнологических установок

Паспорт зачета

по дисциплине «Электротехнологические установки и системы», 7 семестр

1. Методика оценки

Зачет проводится в устной форме, по билетам. Билет формируется по следующему правилу: первый вопрос выбирается из диапазона вопросов 1-13 второй вопрос из диапазона вопросов 14-26 (список вопросов приведен ниже). В ходе зачет преподаватель вправе задавать студенту дополнительные вопросы из общего перечня (п. 4).

Форма зачетного билета

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Факультет ФМА

Билет № _____

к зачету по дисциплине «Электротехнологические установки и системы»

1. Электрический КПД системы "индуктор - сплошной металлический цилиндр". Как изменяется электрический КПД системы "индуктор - сплошной металлический цилиндр" при изменении геометрических размеров, ρ , μ и других параметров?
2. Почему выбор толщины h_c активной стенки трубки индуктора подчиняется условию $h_c \geq 1,3\Delta$?

Утверждаю: зав. кафедрой АЭТУ _____ Алиферов А.И.

(подпись)

(дата)

2. Критерии оценки

- Ответ на зачетный билет считается неудовлетворительным, если студент при ответе на вопросы не дает определений основных понятий теории и практики индукционной техники, не знает конструкции и технические характеристики промышленных индукционных установок, оценка составляет менее 10 баллов.
- Ответ на зачетный билет засчитывается на пороговом уровне, если студент при ответе на вопросы дает определений основных понятий теории и практики индукционной техники, не знает конструкции и технические характеристики

промышленных индукционных установок, при выборе и обосновании параметров индукционных установок допускает непринципиальные ошибки, оценка составляет 10 - 12 баллов.

- Ответ на зачетный билет засчитывается на базовом уровне, если студент при ответе на вопросы дает определения основных понятий теории и практики индукционной техники, знает конструкции и технические характеристики промышленных индукционных установок, при выборе и обосновании параметров индукционных установок не допускает ошибок, формулирует и знает основные законы и эффекты теории электромагнитного поля, оценка составляет 13 - 16 баллов.

- Ответ на зачетный билет засчитывается на продвинутом уровне, если студент при ответе на вопросы дает определения основных понятий теории и практики индукционной техники, знает конструкции и технические характеристики промышленных индукционных установок, при выборе и обосновании параметров индукционных установок не допускает ошибок, формулирует и знает основные законы и эффекты теории электромагнитного поля, проводит сравнительный анализ, проводит комплексный анализ, выявляет проблемы, приводит конкретные примеры из практики, не допускает, оценка составляет 17 - 20 баллов.

3. Шкала оценки

Зачет считается сданным, если сумма баллов по всем заданиям билета оставляет не менее 10 баллов (из 20 возможных).

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

1. Вопросы к зачету по дисциплине

«Электротехнологические системы и установки»

1. На каких явлениях и эффектах основан индукционный метод нагрева?

2. Каковы особенности распределения напряженности электрического, напряженности магнитного полей и плотности тока в металлической плите, находящейся в электромагнитном поле?

3. Что такое функции $F_{\text{опл}}$ и $G_{\text{опл}}$?

4. При расчете каких электрических и геометрических параметров плавильных печей (ИКП или ИТП) используется функция $F_{\text{опл}}$?

5. Что такое функции $F_{\text{оц}}$ и $G_{\text{оц}}$?

6. При расчете каких электрических параметров плавильных печей (ИКП или ИТП) используются функции $F_{\text{оц}}$?

7. Что такое функции $F_{\text{нцп}}$ и $F_{\text{вцп}}$?

8. Электрический КПД системы "индуктор - сплошной металлический цилиндр". Как изменяется электрический КПД системы "индуктор - сплош-

ной металлический цилиндр" при изменении геометрических размеров, ρ , μ и других параметров?

9. Электрический КПД системы "индуктор - полый металлический цилиндр". Как изменяется электрический КПД системы "индуктор - полый металлический цилиндр" при изменении геометрических размеров, ρ , μ и других параметров?

10. Электрический КПД системы "индуктор - металлическая плита". Как изменяется электрический КПД системы "индуктор - металлическая плита" при изменении толщины, ρ , μ пластины?

11. Почему индукционные канальные печи выполняются на частоту тока 50 Гц, а тигельные - на частоту 50÷8000 Гц?

12. В каких индукционных плавильных печах, канальных или тигельных $\cos\phi$ выше и почему?

13. В каких индукционных плавильных печах, канальных или тигельных, тепловой КПД выше и почему?

14. Каким образом обеспечиваются минимально возможные потери активной энергии в электромагнитных экранах и магнитопроводах, применяемых в индукционных тигельных печах?

15. У какой индукционной тигельной печи, снабженной электромагнитным экраном, электрический КПД будет выше:

- а) экран выполнен из меди;
- б) экран выполнен из алюминия;
- в) экран выполнен из стали?

16. У какой индукционной тигельной печи, снабженной системой магнитопроводов, электрический КПД выше: а) магнитопроводы выполнены из стальных пластин толщиной $h_n = 0,5$ мм; б) магнитопроводы выполнены из стальных пластин толщиной $h_n = 0,35$ мм?

17. В каком случае электрический КПД индукционной тигельной печи промышленной частоты будет выше, когда: а) индуктор выполнен из разнотолщинной профилированной трубки или б) индуктор выполнен из равностенной медной трубки?

18. Почему при нагреве алюминиевых сплавов экономичнее тигельную печь выполнять не с керамическим, а с чугунным тиглем, покрытым футеровочным материалом?

19. Почему выбор толщины h_c активной стенки трубки индуктора подчиняется условию $h_c \geq 1,3\Delta$?

20. Каким образом и почему процесс нагрева садки может влиять на электрические характеристики индуктора?

21. Почему подовая часть индукционной тигельной печи имеет многослойную футеровку, а боковая стенка тигля не имеет?

22. Двухконтурная и одноконтурная циркуляция расплавленного металла в индукционных тигельных печах. Механизм появления. Достоинства и недостатки

23. Индукционные тигельные печи. Назначение, конструкция, эксплуатационные характеристики.

24. Индукционные канальные печи. Назначение, конструкция, эксплуатационные характеристики.

25. Почему в индукционных установках ток индуктора может во много раз превышать предельный ток питающего трансформатора?

26. Циркуляция расплава в индукционных канальных печах. Особенности циркуляции в каналах индукционной единицы.

27. “Цинковая пульсация” в режиме работы индукционных плавильных печей. Механизм формирования

28. Установки индукционного нагрева, применяемые для сквозного нагрева и поверхностной закалки цилиндрических заготовок. Конструктивное исполнение, технические параметры.

29. Конструкция исполнения индукторов для поверхностной закалки, предназначенных для одновременного или непрерывного- последовательного нагрева.

30. Требуется осуществить сквозной нагрев стальной трубы. Где следует расположить индуктор, снаружи трубы или изнутри, для того, чтобы обеспечить максимально возможный электрический КПД?

Паспорт расчетно-графического задания (работы)

по дисциплине «Электротехнологические установки и системы», 7 семестр

1. Методика оценки

Целью **расчетно-графического задания (РГЗ)** закрепление основных принципов расчета, конструирования и разработки индукционной плавильной печи (тигельной или канальной).

РГЗ выполняется по типовым заданиям для различных индукционных плавильных печей с оригинальными исходными данными, выдаваемыми каждому студенту.

В пояснительной записке приводится:

- описание технологического процесса, проводимого в печи;
- обоснование конструктивной схемы на основании анализа конструкции печей подобного назначения;
- тепловой и электрический расчеты электропечи;
- расчет водоохлаждения индуктора, конденсаторной батареи и короткой сети;
- энергетический баланс индукционной установки;
- сравнительный анализ основных показателей спроектированной индукционной установки с существующими индукционными установками подобного назначения и близкой емкости.

Оцениваемые позиции: выполнение и защита РГЗ.

Критерии оценки

- Работа считается не выполненной, если выполнены не все части РГЗ, отсутствуют некоторые расчеты, неверно рассчитаны параметры индукционной печи, оценка составляет 5 баллов.

- Работа считается выполненной на пороговом уровне, если части РГЗ выполнены формально: выполнены все требуемые расчеты, но в расчетах есть не принципиальные ошибки, вопросы на защите РГЗ раскрыты не полностью, оценка составляет 9 баллов

- Работа считается выполненной на базовом уровне, если части РГЗ выполнены полностью: выполнены все требуемые расчеты без ошибок, вопросы на защите РГЗ раскрыты не полностью, оценка составляет 12 баллов.

- Работа считается выполненной на продвинутом уровне, если части РГЗ выполнены полностью: выполнены все требуемые расчеты без ошибок, вопросы на защите РГЗ раскрыты, оценка составляет 17 баллов.

2. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине баллы за РГЗ учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы приведенной в рабочей программе дисциплины. За РГЗ максимально может получить 44 балла.

В таблице 1 приводится соответствие пятибалльной системы и процентного отношения к максимальному количеству баллов за РГЗ.

Таблица 1

Оценка по пятибалльной системе	Процент от максимального количества баллов
3	50
3+	65
4	75
4+	85
5	100

3. Перечень тем РГЗ

Пример РГЗ

1. Исходные данные для РГЗ

1.1. Тигельные плавильные печи.

Типовое задание:

разработать индукционную тигельную печь для плавки часовой производительностью по расплавлению и перегреву металла $g = \dots\dots\dots$ Т/час с временем расплавления единовременной загрузки $\tau = \dots\dots\dots$ часов.

(Исходные данные по вариантам приведены в таблице №2).

1.2. Канальные плавильные печи.

Типовое задание:

разработать индукционную канальную печь для плавки $\dots\dots\dots$ часовой производительностью по расплавлению и перегреву металла $g = \dots\dots\dots$ Т/час с временем расплавления единовременной загрузки $\tau = \dots\dots\dots$ часов.

(Исходные данные по вариантам приведены в таблице №3).

2. Требования к содержанию и объему расчетно-графического задания

РГЗ должен содержать пояснительную записку объемом 35-40 листов рукописного текста и графическую часть, включающую 1,5 – 2 листа формата А1.

В пояснительную записку должны входить следующие разделы:

- а). Введение, отражающее преимущества индукционного нагрева перед другими видами электронагрева, а также особенности индукционного нагрева;
- б). Технологический процесс, в котором описывается технология получения в индукционной печи заданного материала;
- в). Анализ конструкций индукционных плавильных печей подобного назначения;
- г). Расчет геометрических параметров печи;
- д). Тепловой расчет плавильного узла (тигля для тигельной печи индукционной единицы, а также плавильной ванны для канальной печи);
- е). Электрический расчет печи;
- ж). Расчет конденсаторной батареи;
- з). Расчет магнитопровода (для тигельной печи);
- и). Расчет системы охлаждения: для тигельной - водоохлаждения индуктора, для

канальной – воздушно-водяного охлаждения индукционной единицы;

к). Расчет токопровода;

л). Расчет эксплуатационных показателей печи;

м). Охрана труда и техника безопасности.

1.3. Графическая часть.

Графическая часть записки должна содержать общий вид электропечи с привязкой его к рабочей площадке цеха, а также принципиальную схему электропитания печной установки.

Таблица № 2. Исходные данные для тигельных печей.

Распла- вляемь й металл	С Т А Л Ь											Ч У Г У Н											АЛЮМИ- НИЙ	МЕ Д Ъ (спла вы)					
№ вариан та	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
Технолог-е пар-ры	g, Т/час	0,75	0,08	0,4	0,8	4,0	4,0	1,5	1,0	0,05	0,8	30	20	1,6	1,7	0,6	1,5	10	2,5	16	50	4,0	5,0	2,0	1,3	2,0	0,5	2,1	1,0
	τ _{пл} , час	1,2	1,0	0,5	0,8	0,75	1,25	1,5	5,0	1,5	1,0	1,38	2,0	0,7	2,0	1,2	1,5	1,0	20	0,4	0,6	0,8	0,62	2,0	1,0	1,5	3,0	2,0	1,2
Доп олн ител ьны е свед ения												микс.	микс						микс.	микс.	микс.	микс.							

* Принятое обозначение: микс. – электропечь-миксер.

Таблица № 3. Исходные данные для канальных печей

Распла- вляемь й металл	МЕ Д Ъ и ее сплавы											АЛЮМИНИ Й	ЦИ НК	Ч У Г У Н													
№ варианта	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59
Технолог-е пар-ры	g, Т/час	0,3	0,72	4,5	6,0	0,72	10	10	5,0	15	6,0	10	55	15	9,0	5,0	1	50	6,0	5,0	4,0	10	100	30	65	5,0	50
	τ _{пл} , час	1,67	1,5	0,9	1,0	1,4	0,5	0,6	1,2	0,46	2,7	1,6	0,46	2,7	4,5	5,0	2,0	0,8	4,0	5,0	5,0	4,0	0,6	1,33	0,6	2,0	1,2
Допо лните льные сведе ния			латунь		латунь	микс.	микс.	латунь	микс.			микс.	микс.				микс		микс.			микс.	микс.	микс.	шахт.микс.	микс.	

* Принятое обозначение: шахт. – шахтная электропечь.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»
Кафедра автоматизированных электротехнологических установок

Паспорт экзамена

по дисциплине «Электротехнологические установки и системы», 8 семестр

1. Методика оценки

Экзамен проводится в устной форме, по билетам. Билет формируется по следующему правилу: первый вопрос выбирается из диапазона вопросов 1-17 второй вопрос из диапазона вопросов 18-34 (список вопросов приведен ниже). В ходе экзамена преподаватель вправе задавать студенту дополнительные вопросы из общего перечня (п. 4)..

Форма билета для экзамена

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Факультет ФМА

Билет № _____

к экзамену по дисциплине «Электротехнологические установки и системы»

1. Высокоомные сплавы сопротивления. Области применения. Технические характеристики
2. Составить алгоритм расчета кривой нагрева в многозонной печи непрерывного действия.

Утверждаю: зав. кафедрой АЭТУ _____ Алиферов А.И.
(подпись)

(дата)

2. Критерии оценки

- Ответ на экзаменационный билет считается **неудовлетворительным**, если студент при ответе на вопросы не дает определений основных понятий теории и практики электропечей сопротивления, не знает конструкции и технические характеристики типовых электропечей, оценка составляет *менее 20 баллов*.
- Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **пороговом** уровне, если студент при ответе на вопросы дает определения основных понятий теории и практики электропечей сопротивления, знает конструкции и технические характеристики типовых электропечей, знает основные методики расчета

электропечей сопротивления, но в ответах не принципиальные ошибки, оценка составляет 20 -25 баллов.

- Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **базовом** уровне, если студент при ответе на вопросы формулирует основные понятия, дает определения основных понятий теории и практики электропечей сопротивления, знает конструкции и технические характеристики типовых электропечей, знает основные методики расчета электропечей сопротивления, в ответах не допускает ошибок, оценка составляет 26 - 32 балла.
- Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **продвинутом** уровне, если студент при ответе на вопросы формулирует основные понятия, дает определения основных понятий теории и практики электропечей сопротивления, знает конструкции и технические характеристики типовых электропечей, знает основные методики расчета электропечей сопротивления, в ответах не допускает ошибок, проводит сравнительный анализ, проводит комплексный анализ, выявляет проблемы, приводит конкретные примеры из практики, не допускает ошибок и способен обосновать выбор конструктивной схемы печи, оценка составляет 33 -40 баллов.

3. Шкала оценки

Экзамен считается сданным, если сумма баллов по всем заданиям билета оставляет не менее 20 баллов (из 40 возможных).

4. Вопросы к экзамену по дисциплине «Электротехнологические системы и установки»

1. Какие свойства огнеупорных и теплоизоляционных материалов в первую очередь определяют возможность их применения в нагревательных печах, плавильных печах?

2. Чем отличаются по структуре и свойствам плотные, пористые и волокнистые огнеупорные изделия?

3. Обосновать выбор футеровочных материалов для конкретных условий работы в электропечи (задается температура и среда в рабочем пространстве).

4. Какие параметры определяют эффективность работы футеровки?

5. По каким параметрам следует оптимизировать выбор футеровки?

6. Огнеупорные материалы. Технология изготовления. Области применения. Технические характеристики.

7. Влияет ли химический состав атмосферы рабочей камеры футерованной печи на величину ее мощности холостого хода? Обосновать на конкретных примерах.

8. Жаропрочные сплавы и стали. Области применения. Технические характеристики.

9. Каковы основные преимущества и недостатки высокотемпературных неметаллических материалов, применяемых для внутренних конструкций в электропечах?

10. Как Вы понимаете термин "жаростойкость" в применении к материалам нагревателей высокого омического сопротивления? Чем это понятие отличается от "жаропрочности"? Какая характерная температура металлического высокоомного нагревательного элемента связана со степенью его "жаростойкости"?

11. Высокоомные сплавы сопротивления. Области применения. Технические характеристики.

12. Высокотемпературные металлы для нагревательных элементов (вольфрам, молибден, тантал). Области применения. Технические характеристики.

14. Дайте определение конструктивным типам печей периодического действия.

15. Дайте определение конструктивным типам печей непрерывного действия.

16. Обосновать тип и конструктивную схему электропечи для конкретного технологического процесса (нагрев алюминиевых слэбов до температуры 550 °С под механическую обработку давлением; отжиг в среде защитной атмосферы листов легированной стали 12Х18Н10Т, температура нагрева 900 °С, охлаждение в камере печи; цементация мелких изделий из хромомарганцевой стали 25ХГТ, температура нагрева 930 °С; нагрев под прокатку стальных слэбов, температура нагрева 1120 °С, масса слэба 2000 кг).

17. Каковы преимущества и недостатки электропечей сопротивления с жидким теплоносителем?

18. По каким параметрам выбирается рациональный вариант футеровки электропечи сопротивления?

19. В каких условиях целесообразно применение различных конструкций нагревательных элементов (спиральных, зигзагообразных, плоских, стержневых, трубчатых нагревателей, радиационных нагревателей)?

20. Вакуумные электропечи сопротивления. Конструкция. Области применения.

21. В чем сущность понятия "массивности" нагреваемых тел? Приведите конкретные примеры, в которых указанное понятие используется в расчетах электропечей сопротивления.

22. Составить алгоритм расчета времени нагрева тонкого или массивного изделия в печи периодического действия. Нарисовать графики нагрева.

23. Сформулировать начальные и граничные условия при расчете времени нагрева и остывания загрузки в печах периодического и непрерывного действия.

24. Составить алгоритм расчета кривой нагрева в многозонной печи непрерывного действия.

25. Составить тепловой баланс (основные статьи расхода энергии) электропечи заданного типа для конкретного технологического процесса.

26. При каких граничных условиях происходит нагрев садки в печах периодического и непрерывного действия? Каковы отличия графика нагрева садки в электропечах сопротивления периодического и непрерывного действия?

27. Отличается ли и, если отличается, то в чем энергетический баланс роль-

ганговой электропечи, предназначенной для нормализации металлических труб, и толкательной электропечи, применяемой для химико-термической обработки мелких деталей в поддонах?

28. В чем отличие энергетического баланса тепловых зон нагрева и выдержки загрузки в электропечах сопротивления непрерывного действия?

29. Каков механизм выхода из строя металлических нагревателей, выполненных из сплавов сопротивления, при их рабочей температуре, близкой к рекомендуемой либо максимально допустимой?

30. Что такое "идеальный нагреватель"? С какой целью это понятие вводится?

31. Каким образом в электрическом расчете электропечи сопротивления учитывается отличие "идеального нагревателя" от реального?

32. Составить алгоритм расчета металлических нагревателей из сплава сопротивления.

33. Каким образом технологический процесс нагрева садки влияет на составляющие статьи энергетического баланса электропечи сопротивления?

34. В чем основная цель рациональной эксплуатации печей сопротивления? Каковы пути ее реализации?

Паспорт курсовой работы

по дисциплине «Электротехнологические установки и системы», 8 семестр

1. Методика оценки.

Содержание разделов расчетно-пояснительной записки и графической части курсовой работы определяется заданием, которое выдается индивидуально каждому студенту. Объем пояснительной записки должен составлять 25 - 36 страниц, объем графической части - 1 листа формата А1. Пояснительная записка и чертежи выполняются в соответствии с требованиями ЕСКД и методическими указаниями по оформлению курсовых и дипломных проектов.

Разделы курсовой работы:

1. Технологический процесс
2. Обзор существующих конструкций электропечей заданного типа
3. Тепловой расчет электропечи.
4. Электрический расчет печи.

Порядок выполнения разделов пояснительной записки

1. После получения индивидуального задания на курсовую работу необходимо ознакомиться с методическими указаниями по выполнению курсового проекта, техническими требованиями к конструкции электропечи сопротивления, подобрать необходимую литературу, ознакомиться с проектной документацией электропечей заданного типа, имеющейся в методическом кабинете кафедры автоматизированных электротехнологических установок.

2. Последовательное выполнение разделов пояснительной записки начинается с "Введения", в котором необходимо отразить роль термообработки в машиностроении, область применения заданного электротермического процесса и электропечей сопротивления данного типа.

3. В разделе "Технологический процесс" необходимо изложить назначение и сущность технологического процесса, для которого проектируется печь. При этом нужно указать особенности температурного режима, выбрать атмосферу в печи, если в задании указаны специальные требования (нагрев в защитной атмосфере или химико-термическая обработка). В конце данного раздела привести примерный график нагрева (и охлаждения) загрузки, требуемый по технологическому процессу.

4. Затем выполняется обзор существующих конструкций электропечей заданного типа, подобных проектируемой по назначению, температурному диапазону, габаритам загрузки. Краткое описание конструкции составляется по документации на отобранные печи-аналоги, имеющиеся в кабинете курсового и дипломного проектирования, а также по литературе [8,9] с обязательным указанием технических характеристик одной-двух электропечей. Необ-

ходимо также изложить основные преимущества и недостатки описанных электропечей.

5. На основании проработанных материалов приступают к выбору конструктивной схемы проектируемой печи. При этом необходимо решить следующие вопросы:

5.1 Определить расположение загрузки в печи и форму печной камеры.

5.2. Принять или уточнить заданные по ГОСТ размеры рабочего пространства печи.

5.3. Определить внутренние размеры печной камеры с учетом всех деталей, которые могут находиться внутри печи: подовые плиты, муфели, экраны, вентиляторы, приспособления для загрузки, детали механизмов передвижения загрузки, а также с учетом предварительного расположения нагревателей. При этом выполняется эскиз печной камеры.

5.4. Принять по ГОСТ номинальную температуру печи.

Общая рекомендации при выборе температуры печи: $t_{\text{печи}} > t_{\text{изд. кон.}}$ на 20...50°C для длительных циклов нагрева, в том числе с большой выдержкой, и на 50...100 °C - для коротких циклов.

5.5. Предварительно выбрать количество слоев футеровки, материал и толщину каждого слоя для 2-3 вариантов выполнения футеровки. Перечень огнеупорных и теплоизоляционных материалов, составляющих базу данных в программе расчета тепловых потерь, приведен в методических указаниях. При выборе футеровки необходимо учитывать, что волокнистые материалы не выдерживают значительных механических нагрузок.

5.6. Тепловой расчет электропечи выполняется в соответствии с рекомендациями раздела 2 методических указаний. В результате расчета выбирается оптимальный вариант футеровки печи, определяются наружные размеры печи

5.7. Рассчитывается тепловой баланс печи, определяется мощность печи и тепловые эксплуатационные показатели.

5.8. Выполняется электрический расчет печи. В результате расчета определяется материал, конструкция и геометрические параметры нагревательных элементов, производится проверка их размещения в печи.

5.9. После проведения расчетов и выбора всех конструктивных решений составляется подробное (поузловое) описание конструкции электропечи и порядка ее работы (последовательность всех технологических операций, очередность работы механизмов). Раздел заканчивается технической характеристикой печи.

Оцениваемые позиции: выполнение, оформление, защита

5. Критерии оценки.

- Работа считается не выполненной, если выполнены не все части КП, отсутствуют некоторые расчеты, неверно рассчитаны параметры индукционной печи, оценка составляет 10 баллов.

- Работа считается выполненной на пороговом уровне, если части КП выполнены формально: выполнены все требуемые расчеты, но в расчетах

есть не принципиальные ошибки, вопросы на защите КП раскрыты не полностью, оценка составляет 14 баллов

- Работа считается выполненной на базовом уровне, если части КП выполнены полностью: выполнены все требуемые расчеты без ошибок, вопросы на защите КП раскрыты не полностью, оценка составляет 20 баллов.

- Работа считается выполненной на продвинутом уровне, если части КП выполнены полностью: выполнены все требуемые расчеты без ошибок, вопросы на защите КП раскрыты, оценка составляет 26 баллов.

6. Шкала оценки.

В таблице 1 приводится распределение баллов при выполнении курсовой работы. Указаны баллы за выполнение и защиту каждого раздела курсовой работы.

Таблица 1

№	Наименование раздела	Выполнение			Защита		
		Поро- говый	Базо- вый	Продви- нутый	Поро- говый	Базо- вый	Продви- нутый
1	Технологический процесс	4	6	8	4	6	8
2	Обзор существующих конструкций, выбор конструктивной схемы проектируемой печи.	4	6	8	4	6	8
3	Тепловой баланс печи	6	8	10	6	8	10
4	Электрический расчет печи	6	9	12	6	9	12
5	Выполнение графической части	6	9	12	6	9	12

7. Примерный перечень тем курсовой работы.

1. Разработать электропечь сопротивления для нагрева стальных изделий под отпуск после сварки
2. Разработать электропечь сопротивления для нагрева медных прутков под отжиг
3. Разработать электропечь сопротивления для нагрева стальных листов под нормализацию после прокатки
4. Разработать электропечь сопротивления для нагрева стальных валов под отжиг после объемной закалки
5. Разработать электропечь сопротивления для нагрева стальных слябов под горячую обработку давлением
6. Разработать электропечь сопротивления для нагрева стальных шестерен под объемную закалку
7. Разработать электропечь сопротивления для нагрева стальных шестерен

нагрев под отпуск после объемной закалки

8. Разработать электропечь сопротивления для отжига керамических изделий

9. Разработать электропечь сопротивления для нагрева стальных рулонов под отжиг после прокатки

10. Разработать электропечь сопротивления для нагрева стальных труб для нормализации после ВЧ-сварки

11. Разработать электропечь сопротивления для нагрева стальных штампов под объемную закалку

12. Разработать электропечь сопротивления – реактор для обработки порошковых материалов во взвешенном состоянии

8. Перечень вопросов к защите курсовой работы.

1. Обосновать выбор футеровочных материалов для конкретных условий работы в электропечи (задается температура и среда в рабочем пространстве).
2. Какие параметры определяют эффективность работы футеровки?
3. По каким параметрам следует оптимизировать выбор футеровки?
4. Влияет ли химический состав атмосферы рабочей камеры футерованной печи на величину ее мощности холостого хода? Обосновать на конкретных примерах.
5. Обосновать тип и конструктивную схему электропечи для процесса нагрева алюминиевых слябов до температуры 550 °С под механическую обработку давлением;
6. Обосновать тип и конструктивную схему электропечи для процесса отжига в среде защитной атмосферы листов легированной стали 12Х18Н10Т, температура нагрева 900 °С, охлаждение в камере печи;
7. Обосновать тип и конструктивную схему электропечи для процесса цементации мелких изделий из хромомарганцевой стали 25ХГТ, температура нагрева 930 °С;
8. Обосновать тип и конструктивную схему электропечи для процесса нагрева под прокатку стальных слябов, температура нагрева 1120 °С, масса сляба 2000 кг.
9. По каким параметрам выбирается рациональный вариант футеровки электропечи сопротивления?
10. В каких условиях целесообразно применение различных конструкций нагревательных элементов (спиральных, зигзагообразных, плоских, стержневых, трубчатых нагревателей, радиационных нагревателей)?
11. В чем сущность понятия "массивности" нагреваемых тел? Приведите конкретные примеры, в которых указанное понятие используется в расчетах электропечей сопротивления.
12. Составить алгоритм расчета времени нагрева тонкого или массивного изделия в печи периодического действия. Нарисовать графики нагрева.
13. Сформулировать начальные и граничные условия при расчете времени

нагрева и остывания загрузки в печах периодического и непрерывного действия.

14. Составить алгоритм расчета кривой нагрева в многозонной печи непрерывного действия.
15. Составить тепловой баланс (основные статьи расхода энергии) электропечи заданного типа для конкретного технологического процесса.
16. При каких граничных условиях происходит нагрев садки в печах периодического и непрерывного действия? Каковы отличия графика нагрева садки в электропечах сопротивления периодического и непрерывного действия?
17. Отличается ли и, если отличается, то в чем энергетический баланс рольганговой электропечи, предназначенной для нормализации металлических труб, и толкательной электропечи, применяемой для химико-термической обработки мелких деталей в поддонах?
18. В чем отличие энергетического баланса тепловых зон нагрева и выдержки загрузки в электропечах сопротивления непрерывного действия?
19. Каков механизм выхода из строя металлических нагревателей, выполненных из сплавов сопротивления, при их рабочей температуре, близкой к рекомендуемой либо максимально допустимой?
20. Что такое "идеальный нагреватель"? С какой целью это понятие вводится?
21. Каким образом в электрическом расчете электропечи сопротивления учитывается отличие "идеального нагревателя" от реального?
22. Составить алгоритм расчета металлических нагревателей из сплава сопротивления.