

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

Кафедра автоматизированных электротехнологических установок

“УТВЕРЖДАЮ”
ДЕКАН ФМА
к.т.н. Вильбергер М. Е.
“ ____ ” _____ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Электротехнологические системы и установки

Образовательная программа: 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, профиль:
Электротехника, электромеханика и электротехнологии

Курс: 4, семестры : 7 8

Факультет мехатроники и автоматизации,

		Семестр	
№	Вид деятельности	7	8
1	Всего зачетных единиц (кредитов)	4	4
2	Всего часов	144	144
3	Всего занятий в контактной форме, час.	81	61
4	Лекции, час.	36	30
5	Практические занятия, час.	18	10
6	Лабораторные занятия, час.	18	10
7	из них в активной и интерактивной форме, час.	10	8
8	Аттестация, час.	2	2
9	Консультации, час.	7	9
10	Самостоятельная работа, час.	63	83
11	Виды самостоятельной работы (курсовой проект, курсовая работа, РГЗ, подготовка к контрольной работе)	РГЗ	КП
12	Вид аттестации	ДЗ	Э

Рабочая программа составлена на основании федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению (специальности): 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

ФГОС введен в действие приказом №955 от 03.09.2015 г. , дата утверждения: 25.09.2015 г.

Место дисциплины в структуре учебного плана: Блок 1, вариативная, по выбору студента

Рабочая программа разработана на основе компетентностной модели выпускника по направлению (специальности): 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

АЭТУ, протокол заседания кафедры №4 от 20.06.2017

Утверждена на совете факультета мехатроники и автоматизации, протокол № 6 от 21.06.2017

Программу разработал:

профессор, д.т.н. Алиферов А. И.

Заведующий кафедрой:

профессор, д.т.н. Алиферов А. И.

Ответственный за образовательную программу:

заведующий кафедрой Аносов В. Н.

1. Внешние требования

Таблица 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:	
у11. уметь на основе знания физической сущности явлений и процессов в устройствах различной физической природы выполнять применительно к ним простые технические расчеты	
Компетенция ФГОС: ПК.1 способность участвовать в планировании, подготовке и выполнении типовых экспериментальных исследований по заданной методике; в части следующих результатов обучения:	
з1. знать современные методы анализа и экспериментального исследования объектов электротехники и электротехнологии	
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:	
з7. знать характер протекания электромагнитных, тепловых и механических процессов в электротехнических комплексах	
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	
у6. уметь сопоставлять альтернативные варианты конструктивного исполнения различных элементов разрабатываемого электротехнологического оборудования	
Компетенция ФГОС: ПК.6 способность рассчитывать режимы работы объектов профессиональной деятельности; в части следующих результатов обучения:	
у1. уметь выполнять основные технические расчеты процессов в электроэнергетических и электротехнических установках	
у2. уметь рассчитывать основные эксплуатационные параметры промышленных электротехнологических установок	

2. Требования НГТУ к результатам освоения дисциплины

Таблица 2.1

Результаты изучения дисциплины по уровням освоения (иметь представление, знать, уметь, владеть)	Формы организации занятий
<i>Электротехнологические системы и установки</i>	
ПК.1.з1 знать современные методы анализа и экспериментального исследования объектов электротехники и электротехнологии	
1. уметь выполнять исследование на математических моделях физических явлений при индукционном нагреве	Лабораторные работы; Самостоятельная работа
ПК.6.у2 уметь рассчитывать основные эксплуатационные параметры промышленных электротехнологических установок	
2. знать методику теплового и электрического расчета печей сопротивления.	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
ПК.3.з7 знать характер протекания электромагнитных, тепловых и механических процессов в электротехнических комплексах	
3. знать закономерности распространения электромагнитной волны в различных телах	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
ПК.6.у1 уметь выполнять основные технические расчеты процессов в электроэнергетических и электротехнических установках	
5. знать технические, технико-экономические и эксплуатационные характеристики электропечей сопротивления	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа

ОПК.2.y11 уметь на основе знания физической сущности явлений и процессов в устройствах различной физической природы выполнять применительно к ним простые технические расчеты	
6.знать особенности электропечей сопротивления и индукционных установок как нагрузки электрической цепи	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
ПК.1.31 знать современные методы анализа и экспериментального исследования объектов электротехники и электротехнологии	
7.знать методы исследования процесса нагрева изделий в электропечах сопротивления	Лабораторные работы; Самостоятельная работа
ПК.3.y6 уметь сопоставлять альтернативные варианты конструктивного исполнения различных элементов разрабатываемого электротехнологического оборудования	
8.знать современные тенденции и уровень развития электропечей сопротивления	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
ОПК.2.y11 уметь на основе знания физической сущности явлений и процессов в устройствах различной физической природы выполнять применительно к ним простые технические расчеты	
10.знать методику расчета плоских и цилиндрических индукторов	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
ПК.6.y1 уметь выполнять основные технические расчеты процессов в электроэнергетических и электротехнических установках	
11.знать материалы для электротермических установок	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
ПК.3.y1 уметь проектировать объекты электротехнического и энергетического оборудования и оптимизировать проектные решения в соответствии с техническим заданием и нормативно-технической документацией с учетом предъявляемых требований	
12.знать этапы разработки электротехнологического оборудования	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
ПК.3.y6 уметь сопоставлять альтернативные варианты конструктивного исполнения различных элементов разрабатываемого электротехнологического оборудования	
13.уметь осуществлять выбор оптимальной футеровки печи	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
14.уметь обосновывать перспективные направления развития электропечей сопротивления и установок индукционного нагрева	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
ПК.6.y2 уметь рассчитывать основные эксплуатационные параметры промышленных электротехнологических установок	
15.уметь выполнять расчеты тепловых, электрических и энергетических характеристик и проектирования индукционных установок	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
16.уметь проводить расчет и выбор основных конструктивных параметров электропечей сопротивления	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
17. уметь рассчитывать геометрические и электрические параметры нагревателей из сплавов сопротивления по инженерной методике	Лекции; Самостоятельная работа
18.уметь проводить расчет основных эксплуатационных параметров электропечей сопротивления.	Лекции; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
19.уметь определять мощность и тепловые эксплуатационные показатели электропечи сопротивления (КПД, удельного расхода электроэнергии, времени разогрева печи).	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
20.уметь проводить расчет и выбор основных конструктивных параметров элект-ропечей сопротивления и индукционных установок	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа

3. Содержание и структура учебной дисциплины

Таблица 3.1

Темы лекций	Активные формы, час.	Часы	Ссылки на результаты обучения	Учебная деятельность
Семестр: 7				
Дидактическая единица: Проблемы и перспективы развития электротехнологии				
1. Основные научно-технические проблемы и перспективы развития электротехнологии	0	2	12	Лекция
Дидактическая единица: Классификация, технико-экономические характеристики и области применения электротехнологических установок				
2. Классификация, технико-экономические характеристики и области применения электропечей сопротивления	0	2		Лекция
Дидактическая единица: Специальные высокотемпературные материалы для электротермических установок				
3. Специфика условий работы конструкционных материалов в ЭТУ	0	6	11	Лекция
Дидактическая единица: Измерение температуры в электропечах				
4. Измерение температуры в электропечах сопротивления	0	2	13	Лекция
Дидактическая единица: Классификация, технико-экономические характеристики УИН				
13. Конструкцию индукционных установок, их технологическое назначение и технико-экономические характеристики	0	2		Лекция
Дидактическая единица: Физические основы индукционного нагрева				
14. Распространение электромагнитной волны в полубесконечной однородной проводящей среде	0	2	3	Лекция
15. Электромагнитная волна в ферромагнитной среде	1	2	3	Лекция
16. Электромагнитная волна в двухслойной среде	1	2	3	Лекция
18. Электромагнитные явления в системе индуктор - металлический цилиндр	1	2	10, 3	Лекция
19. Применение схем замещения для расчета коротких индукторов	0	2	20	Лекция
Дидактическая единица: Индукционные установки				
20. Индукционные плавильные тигельные печи	0	4	14, 6	Лекция
21. Индукционные плавильные канальные печи	0	4	15, 20, 6	Лекции
22. Индукционные нагревательные установки	0	2	15, 20	Лекция
23. Индукционные установки для поверхностной закалки	1	2	11, 14, 15, 20, 6	Лекция
Семестр: 8				

Дидактическая единица: Расчет параметров электрических печей сопротивления				
5. Конструкция электротехнологических установок и систем - электрических печей сопротивления	0	6	12, 5, 8	Лекция
6. Тепловой баланс электропечи сопротивления	0	4	13, 16, 17, 18, 19, 2	Лекция
7. Электрический расчет печей сопротивления	0	4	17, 2	Лекция
8. Режимы работы нагревательных и плавильных электропечей сопротивления	0	4	2, 5, 8	Лекция
9. Расчет и выбор конструктивных основных параметров вакуумных электропечей сопротивления	0	4	16, 17, 2	Лекция
10. Рациональная эксплуатация электрических печей сопротивления	0	2	16, 19	Лекция
Дидактическая единица: Установки прямого нагрева сопротивлением				
11. Конструкция, расчет и эксплуатационные показатели установок электроконтактного нагрева	1	4	16, 18, 2, 8	Лекция
12. Классификация установок прямого нагрева	1	2		Лекция

Таблица 3.2

Темы лабораторных работ	Активные формы, час.	Часы	Ссылки на результаты обучения	Учебная деятельность
Семестр: 7				
Дидактическая единица: Физические основы индукционного нагрева				
6. Исследование энергетических характеристик, распределения магнитного, электрического и температурного полей в металлических изделиях при постоянном токе в индукторе	1	8	1, 15, 3	Изучают интегрированный программный пакет НИТ. Выполняют расчеты энергетических, электрических характеристик и температурного поля в нагреваемом изделии при постоянном токе в индукторе. Излагают теоретическое объяснение полученных результатов
Дидактическая единица: Индукционные установки				

24. Исследование электрических характеристик системы индуктор-загрузка при нагреве полого металлического цилиндрического изделия	0	8	1, 10, 3, 8	Измеряют параметры питающего источника. Определяют активные и индуктивные сопротивления системы индуктор-загрузка при нагреве полого металлического цилиндрического изделия. Рассчитывают активные и индуктивные сопротивления системы индуктор-загрузка при нагреве полого металлического цилиндрического изделия. Выполняют анализ расчетных и экспериментальных данных.
25. Зачетное занятие	0	2	1, 10, 15, 3, 8	Студенты сдают зачет по лабораторному практикуму

Семестр: 8

Дидактическая единица: Расчет параметров электрических печей сопротивления

1. Исследование нагрева изделий различной степени теплотехнической массивности в электропечи периодического действия	2	4	16, 18, 19	Измеряют динамику изменения температуры в нагреваемых металлических цилиндрических изделиях. Рассчитывают графики нагрева различных металлических цилиндрических изделий. Выполняют анализ расчетных и экспериментальных данных.
2. Исследование нагрева изделий при постоянном тепловом потоке	0	4	16, 2, 7	Измеряют динамику изменения температуры в нагреваемых металлических цилиндрических изделиях. Рассчитывают графики нагрева различных металлических цилиндрических изделий. Выполняют анализ расчетных и экспериментальных данных.
3. Исследование нагрева насыпной загрузки в конвективной электропечи	0	2	16, 2, 7	Измеряют динамику изменения температуры в нагреваемых насыпной загрузке. Рассчитывают коэффициенты тепло-отдачи для режимов вынужденной и естественной конвекции. Выполняют сравнение расчетных и экспериментальных данных, устанавливают направление газовых и тепловых потоков в нагреваемой загрузке.

Таблица 3.3

Темы практических занятий	Активные формы, час.	Часы	Ссылки на результаты обучения	Учебная деятельность
Семестр: 7				
Дидактическая единица: Классификация, технико-экономические характеристики и области применения электротехнологических установок				
1. Этапы разработки электротехнологических установок	0	2	12	Занятия проводятся в кабинете курсового и дипломного проектирования кафедры АЭТУ с использованием технической документации на промышленные ЭТУС
Дидактическая единица: Специальные высокотемпературные материалы для электротермических установок				
13. Условия выбора высокотемпературных материалов	0	2	11, 13	Занятия проводятся в кабинете курсового и дипломного проектирования кафедры АЭТУ с использованием технической документации на промышленные ЭТУС, справочной литературы и электронных ресурсов интернет
Дидактическая единица: Физические основы индукционного нагрева				
25. Применение схем замещения для расчета коротких индукторов. Электрический расчет индукционной тигельной печи	1	2	11, 15, 19, 3	Занятия проводятся в кабинете курсового и дипломного проектирования кафедры АЭТУ с использованием технической документации на промышленные ЭТУС
Дидактическая единица: Индукционные установки				
21. Технологические процессы, реализуемые в индукционных плавильных установках	1	2	10, 3	Занятия проводятся в кабинете курсового и дипломного проектирования кафедры АЭТУ с использованием технической документации на промышленные ЭТУС, а также информации из системы интернет
22. Обоснование конструкции индукционных тигельных и канальных печей	1	4	10, 15	Занятия проводятся в кабинете курсового и дипломного проектирования кафедры АЭТУ с использованием технической документации на промышленные ЭТУС
23. Тепловой расчет и энергетический баланс ИТП и ИКП	1	4	10, 11, 20, 3	Занятия проводятся в кабинете курсового и дипломного проектирования кафедры АЭТУ с использованием технической документации на промышленные ЭТУС.

24. Особенности электрического расчета ИТП с кусковой шихтой.	1	2	10, 14, 3, 6	Занятия проводятся в кабинете курсового и дипломного проектирования кафедры АЭТУ с использованием технической документации на промышленные ЭТУС.
Семестр: 8				
Дидактическая единица: Расчет параметров электрических печей сопротивления				
14. Расчет и выбор оптимальной футеровки электропечи сопротивления	1	2	11, 13, 16, 19, 2	Занятия проводятся в кабинете курсового и дипломного проектирования кафедры АЭТУ с использованием технической документации на промышленные ЭТУС и в терминальном классе с использованием программного комплекса TEP.L.
15. Технологические процессы, реализуемые в электропечах сопротивления. Требования к конструкции электропечей сопротивления	1	2	5, 8	Занятия проводятся в кабинете курсового и дипломного проектирования кафедры АЭТУ с использованием технической документации на промышленные ЭТУС
16. Обоснование конструкции ЭПС косвенного действия. Выбор рабочей температуры, размеров рабочего пространства и камеры печи	0	2	13, 16	Занятия проводятся в кабинете курсового и дипломного проектирования кафедры АЭТУ с использованием технической документации на промышленные ЭТУС.
17. Энергетический баланс электропечи сопротивления	1	2	16, 2	Занятия проводятся в кабинете курсового и дипломного проектирования кафедры АЭТУ с использованием технической документации на промышленные ЭТУС
18. Электрический расчет электропечи сопротивления	1	2	16, 2	Занятия проводятся в кабинете курсового и дипломного проектирования кафедры АЭТУ с использованием технической документации на промышленные ЭТУС

4. Самостоятельная работа обучающегося

№	Виды самостоятельной работы	Ссылки на результаты обучения	Часы на выполнение	Часы на консультации
Семестр: 7				
1	РГЗ	12, 15, 20	25	3
В расчетно-графической работе выполняется расчет и проектирование электропечей сопротивления: 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				
2	Подготовка к занятиям	11, 12, 13, 16, 17, 18, 19, 2, 5, 6, 7, 8	17	2

На практических занятиях проводится тренинг студентов по основным типовым методам расчета электрических, тепловых и энергетических параметров индукционных установок. Студентам необходимо по 1 часу на подготовку к практическим занятиям и по 2 часа на подготовку к лабораторным работам. Всего 17 часов.: 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. 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 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.

3	Подготовка к аттестации	16, 18, 5, 6, 7, 8	21	2
---	-------------------------	--------------------	----	---

На подготовку к зачету студенту необходимо 21 часов. Зачет осуществляется по теоретическим материалам лекций, учебным пособиям по дисциплине : 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>

Семестр: 8

1	Курсовой проект	13, 16, 17, 18, 19, 20	40	5
---	-----------------	------------------------	----	---

В курсовом проекте проводятся расчеты и проектирование индукционных тигельных или канальных печей, подробная информация приведена в приложении №5 : 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 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. 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.

2	Подготовка к занятиям	1, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 3, 6, 8	10	2
---	-----------------------	------------------------------------	----	---

На практических занятиях проводится тренинг студентов по основным типовым методам расчета электрических, тепловых и энергетических параметров электропечей сопротивления.
Подготовка к практическим занятиям - 1 час и к лабораторным работам - 2 часа.
: 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. 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 Синицын В. А. Теория электронагрева и теплопередачи [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / В. А. Синицын ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2011]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000161635. - Загл. с экрана. 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.

3	Подготовка к аттестации	1, 15, 3, 6, 8	33	2
---	-------------------------	----------------	----	---

Подготовка к экзамену требует не менее 33 часов самостоятельной работы
: 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. 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>

5. Технология обучения

Для организации и контроля самостоятельной работы обучающихся, а также проведения консультаций применяются информационно-коммуникационные технологии (табл. 5.1).

Таблица 5.1

Деятельность	Информационно-коммуникационные технологии
Информирование	e-mail; Портал НГТУ
Консультирование	e-mail; Портал НГТУ
Контроль	e-mail
Размещение учебных материалов	Портал НГТУ

6. Правила аттестации обучающихся по учебной дисциплине

Для аттестации обучающихся по дисциплине используется балльно-рейтинговая система (БРС), позволяющая выставять оценки по традиционной шкале и 15-уровневой ECTS. Краткая информация о БРС приведена в табл. 6.1.

Таблица 6.1

Оцениваемые виды деятельности обучающихся	Мин. балл	Максимальный балл
Семестр: 7		
<i>Лекция:</i>	9	18

Лабораторная:	13	26
Практические занятия:	18	36
Курсовой проект:	50	100 (в состав баллов за КП)
Зачет:	10	20
Семестр: 8		
Лекция:	5	10
Лабораторная:	4	8
Практические занятия:	5	10
РГЗ:	16	32
Экзамен:	20	40

В таблице 6.2 представлено соответствие форм контроля заявляемым требованиям к результатам освоения дисциплины.

Таблица 6.2

Коды компетенций ФГОС	Результаты обучения	Формы контроля			
		Защита РГЗ	Защита КП/КР	Зачет	Экзамен
ОПК.2	у11. уметь на основе знания физической сущности явлений и процессов в устройствах различной физической природы выполнять применительно к ним простые технические расчеты	+		+	
ПК.1	з1. знать современные методы анализа и экспериментального исследования объектов электротехники и электротехнологии			+	+
ПК.3	з7. знать характер протекания электромагнитных, тепловых и механических процессов в электротехнических комплексах			+	
	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	+			
	у6. уметь сопоставлять альтернативные варианты конструктивного исполнения различных элементов разрабатываемого электротехнологического оборудования	+	+		+
ПК.6	у1. уметь выполнять основные технические расчеты процессов в электроэнергетических и электротехнических установках	+	+		+
	у2. уметь рассчитывать основные эксплуатационные параметры промышленных электротехнологических установок	+	+	+	+

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в приложении № 1 к рабочей программе.

7. Литература

Основная литература

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. Алифорова. - 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. Алифорова ; 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. Алифоров, С. Луи, 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. Алифоров ; 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. Алифоров ; 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. Алифоров ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2013]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000183646. - Загл. с экрана.
9. Алифоров А. И. Установки специального электронагрева. Наноструктурные материалы и пленки. Электротехнологии для получения наноструктурных материалов [Электронный ресурс] : учебное пособие / А. С. Алифоров, Н. И. Тимошенко ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2012]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000176260. - Загл. с экрана.

Интернет-ресурсы

1. ЭБС НГТУ : <http://elibrary.nstu.ru/>
2. ЭБС «Издательство Лань» : <https://e.lanbook.com/>
3. ЭБС IPRbooks : <http://www.iprbookshop.ru/>
4. ЭБС "Znaniy.com" : <http://znaniy.com/>
5. :

8. Методическое и программное обеспечение

8.1 Методическое обеспечение

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 Специализированное программное обеспечение

1 Ansys Academic Research

9. Материально-техническое обеспечение

Лабораторный стенд

№	Наименование	Назначение
1	ПЕЧЬ СНОЛ 1,6 2,5 08/2	Выполняются исследование нестационарного нагрева сплошных металлических цилиндров. Реализуется режим нагрева при граничных условиях 2 рода на поверхности цилиндра

Комплект оборудования

№	Наименование	Назначение
1	Авт. лаб.стенд по исследованию режимов нагрева в индуктив. тигел.электропечи	Исследуются режимы нагрева сплошного цилиндра, выполненного из нержавеющей стали, и полого стального ферромагнитного цилиндра в электромагнитном поле цилиндрического индуктора
2	ПЕЧЬ СШВЛ 0,6 2/16	Исследуются режимы работы вакуумной электропечи сопротивления: откачки рабочего пространства, плотребления активной мощности по мере разогрева электропечи, распределения температурного поля по экранам теплоизоляции
3	Авт.лаб.стенд по исследованию режимов управления камерной электропечью сопротивления	Выполняется исследование нагрева сплошных и полых металлических цилиндров при граничном условии 3 рода на поверхности цилиндра
4	ПЕЧЬ СШЗ 66/7	Выполняется исследование нагрева насыпной загрузки в вынужденном конвективномвоздушном потоке

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

Кафедра автоматизированных электротехнологических установок

“УТВЕРЖДАЮ”
ДЕКАН ФМА
к.т.н., доцент М.Е. Вильбергер
“ ____ ” _____ ____ г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Электротехнологические установки и системы

Образовательная программа: 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, профиль: Автоматизированные электротехнологические комплексы

1. Обобщенная структура фонда оценочных средств учебной дисциплины

Обобщенная структура фонда оценочных средств по дисциплине Электротехнологические установки и системы 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)
ПК.1/НИ способность участвовать в планировании, подготовке и выполнении типовых экспериментальных исследований по заданной методике	у2. уметь осуществлять планирование, подготовку и выполнение типовых экспериментальных исследований электротехнического оборудования и систем по заданной методике	Исследование электрических характеристик системы индуктор-загрузка при нагреве полого металлического цилиндрического изделия. Исследование энергетических характеристик, распределения магнитного, электрического и температурного полей в металлических изделиях при постоянном токе в индукторе.		Зачет, вопросы 1 - 10
ПК.4/ПК способностью проводить обоснование проектных решений	з3. знать технические, технико-экономические и эксплуатационные характеристики электротехнологических установок	Индукционные плавильные тигельные печи. Исследование нагрева изделий при постоянном тепловом потоке. Исследование нагрева насыпной загрузки в конвективной электропечи. Классификация, технико-экономические характеристики и области применения электропечей сопротивления. Конструкция, расчет и эксплуатационные показатели установок электроконтактного нагрева. Конструкция электротехнологических установок и систем - электрических печей сопротивления. Основные научно-технические проблемы и перспективы развития электротехнологии. Особенности электрического расчета ИТП с кусковой шихтой. Распространение электромагнитной волны в полубесконечной однородной проводящей среде. Расчет и выбор оптимальной футеровки электропечи сопротивления Режимы работы нагревательных и плавильных электропечей сопротивления. Тепловой баланс электропечи сопротивления. Технологические процессы, реализуемые в электропечах сопротивления. Требования к конструкции электропечей сопротивления. Электрический расчет печей сопротивления. Электрический расчет электропечи сопротивления. Электромагнитная волна в двухслойной среде. Электромагнитная волна в ферромагнитной среде. Электромагнитные явления в системе индуктор - металлический цилиндр. Энергетический баланс электропечи сопротивления. Этапы разработки электротехнологических установок.	Курсовой проект, раздел 1 РГЗ, раздел 1	Зачет, вопросы 11 - 17 Экзамен, вопросы 1 – 7, 18, 19
ПК.4/ПК	з4. знать основные конструктивные решения электротехнологических установок, тенденции развития конструктивных решений в перспектив-	Индукционные установки для поверхностной закалки. Исследование электрических характеристик системы индуктор-загрузка при нагреве полого металлического цилиндрического изделия. Исследование нагрева изделий различной степени теплотехнической массивности в электропечи периодического действия. Обоснование конструкции	Курсовой проект, раздел 2 РГЗ, раздел 2	Зачет, вопросы 18 – 24, 28 - 30

	ных разработках	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. Особенности электрического расчета ИТП с кусковой шихтой. Применение схем замещения для расчета коротких индукторов. Электрический расчет индукционной тигельной печи. Тепловой расчет и энергетический баланс ИТП и ИКП. Электромагнитные явления в системе индуктор - металлический цилиндр. Этапы разработки электротехнологических установок.		
ПК.4/ПК	у2. уметь сопоставлять альтернативные варианты конструктивного исполнения различных элементов разрабатываемого электротехнологического оборудования	Индукционные плавильные тигельные печи. Обоснование конструкции ЭПС косвенного действия. Выбор рабочей температуры, размеров рабочего пространства и камеры печи. Особенности электрического расчета ИТП с кусковой шихтой. Расчет и выбор оптимальной футеровки электропечи сопротивления. Тепловой баланс электропечи сопротивления. Условия выбора высокотемпературных материалов.	Курсовой проект, раздел 2 РГЗ, раздел 6	Экзамен, вопросы 14 – 17, 20
ПК.6/ПТ способность рассчитывать режимы работы объектов профессиональной деятельности	у2. уметь рассчитывать основные эксплуатационные параметры промышленных электротехнологических установок	Индукционные нагревательные установки. Индукционные плавильные канальные печи. Исследование энергетических характеристик, распределения магнитного, электрического и температурного полей в металлических изделиях при постоянном токе в индукторе. Конструкция, расчет и эксплуатационные показатели установок электроконтактного нагрева. Обоснование конструкции индукционных тигельных и канальных печей. Обоснование конструкции ЭПС косвенного действия. Выбор рабочей температуры, размеров рабочего пространства и камеры печи. Применение схем замещения для расчета коротких индукторов. Расчет и выбор конструктивных основных параметров вакуумных электропечей сопротивления. Расчет и выбор оптимальной футеровки электропечи сопротивления. Рациональная эксплуатация электрических печей сопротивления. Тепловой баланс электропечи сопротивления. Тепловой расчет и энергетический баланс ИТП и ИКП. Электрический расчет печей сопротивления. Энергетический баланс электропечи сопротивления	Курсовой проект, разделы 3, 4 РГЗ, разделы 3 - 5	Зачет, 11 – 17, 25 - 27 Экзамен, вопросы, 21 - 34

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 ПК.1/НИ, ПК.4/ПК, ПК.6/ПТ.

Зачет проводится в устной форме, по билетам, которые состояются из вопросов, приведенных в паспорте зачета.

Экзамен проводится в устной форме, по билетам, которые состояются из вопросов, приведенных в паспорте экзамена.

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

В 7 семестре обязательным этапом текущей аттестации является курсовой проект. Требования к выполнению курсового проекта, состав и правила оценки сформулированы в паспорте курсового проекта.

В 8 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 ПК.1/НИ, ПК.4/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 $\cos\varphi$ 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:

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

Оцениваемые позиции: выполнение и защита РГЗ.

2. 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.

3. 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 32 балла.

В процессе обучения по дисциплине студент может набрать 60 баллов за работу в семестре и 40 баллов за экзамен. Вес каждого вида работ отражен в таблице 1

Таблица 1

Вид работы	Количество	Оценка в баллах рейтинга
Посещение лекций	10	1
Посещение практических занятий	5	2
Выполнение лабораторной работы	2	1
Защита лабораторной работы	2	Максимум 3
Выполнение РГЗ	1	Максимум 16
Защита РГЗ	1	Максимум 16
Итого максимальное кол-во баллов = $10 \times 1 + 5 \times 2 + 2 \times (1 + 3) + 16 + 16 = 60$		
Сдача экзамена	В билете 2 теоретических вопроса, максимум по 20 баллов за каждый ответ.	

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

Таблица 2

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

4. 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).

Типовое задание:

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

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

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;

3). 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.

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

[illegible]

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?

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

**Паспорт
курсового проекта**

по дисциплине «Электротехнологические установки и системы», 8 семестр

1. Методика оценки.

Содержание разделов расчетно-пояснительной записки и графической части курсового проекта (КП) 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 КП:

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 КП 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 обязатель-

ным указанием технических характеристик одной-двух электропечей. Необходимо 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 рекомендация 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

2. Критерии оценки.

- Работа считается не выполненной, если выполнены не все части КП, отсутствуют некоторые расчеты, неверно рассчитаны параметры печи, оценка составляет менее 50 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 50 - 72 балла

- 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 73 - 86 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 87 - 100 баллов.

3. Шкала оценки.

В таблице 1 приводится распределение баллов при оценке КП. Указаны баллы за выполнение и защиту каждого раздела КП.

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

4. Примерный перечень тем КП.

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

5. Перечень вопросов к защите КП.

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 слэбов 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 слэбов, температура нагрева 1120 °С, масса слэба 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.