



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»



УТВЕРЖДАЮ
Директор ИЭиАС
В.Р. Храмшин

10.02.2023 г

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

ЭЛЕКТРОТЕРМИЧЕСКИЕ ПРОМЫШЛЕННЫЕ УСТАНОВКИ

Направление подготовки (специальность)
13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Направленность (профиль/специализация) программы
Энергообеспечение предприятий

Уровень высшего образования - бакалавриат

Форма обучения
очная

Институт/ факультет	Институт энергетики и автоматизированных систем
Кафедра	Теплотехнических и энергетических систем
Курс	4
Семестр	7

Магнитогорск
2023 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО - бакалавриат по направлению подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника (приказ Минобрнауки России от 28.02.2018 г. № 143)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Теплотехнических и энергетических систем

17.01.2023 г. протокол № 5

Зав. кафедрой  Е.Г. Нешпоренко

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИЭиАС

10.02.2023 г. протокол № 7

Председатель  В.Р. Храмшин

Рабочая программа составлена:

зав. кафедрой ТиЭС, канд. техн. наук  Е.Г. Нешпоренко

Рецензент:

Зам. начальника ЦЭСТ ПАО "ММК",

канд. техн. наук

 В.Н. Михайловский

Лист актуализации рабочей программы

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2024 - 2025 учебном году на заседании кафедры Теплотехнических и энергетических систем

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ Е.Г. Нешпоренко

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2025 - 2026 учебном году на заседании кафедры Теплотехнических и энергетических систем

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ Е.Г. Нешпоренко

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2026 - 2027 учебном году на заседании кафедры Теплотехнических и энергетических систем

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ Е.Г. Нешпоренко

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2027 - 2028 учебном году на заседании кафедры Теплотехнических и энергетических систем

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ Е.Г. Нешпоренко

1 Цели освоения дисциплины (модуля)

Изучение дисциплины «Электротермические промышленные установки» ставит целью получение теоретических знаний и приобретение практических навыков расчета и выбора электротермического оборудования, необходимых для будущего инженера, в рамках получаемой в вузе специальности.

2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина Электротермические промышленные установки входит в часть учебного плана формируемую участниками образовательных отношений образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения дисциплин/ практик:

Высокотемпературные процессы и установки
Тепломассообменное оборудование предприятий
Теплообмен и тепловые режимы промышленных печей
Энергетика теплотехнологий

Физика

Химия

Техническая термодинамика

Гидрогазодинамика

Энергобалансы предприятий

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы для изучения дисциплин/практик:

Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

Энергосбережение и вторичные энергоресурсы

Курсовая научно-исследовательская работа

3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения

В результате освоения дисциплины (модуля) «Электротермические промышленные установки» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции
ПК-3	Способен к сбору, обработке, анализу и обобщению результатов экспериментов и исследований в соответствующей области знаний
ПК-3.1	Осуществляет сбор, обработку, анализ и обобщение результатов экспериментов и исследований
ПК-3.2	Подготавливает предложения для составления планов и методических программ экспериментальных исследований и разработок, практических рекомендаций по исполнению их результатов

4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц 108 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 59,7 акад. часов;
- аудиторная – 56 акад. часов;
- внеаудиторная – 3,7 акад. часов;
- самостоятельная работа – 12,6 акад. часов;
- в форме практической подготовки – 0 акад. час;
- подготовка к экзамену – 35,7 акад. час

Форма аттестации - экзамен

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа студента	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код компетенции
		Лек.	лаб. зан.	практ. зан.				
1. Введение и основы электротермии								
1.1 Введение.	7	2		2/2И	1	Самостоятельное изучение учебной литературы. Рассмотрение соответствующих теме вопросов из прил. 6. Подготовка к собеседованию.	Собеседование. Конспект лекций.	ПК-3.1, ПК-3.2
1.2 Физические основы электрического нагрева проводников, диэлектриков и полупроводников.		4		4/2И	2	Самостоятельное изучение учебной литературы. Рассмотрение соответствующих теме вопросов из прил. 6. Подготовка к собеседованию.	Собеседование. Конспект лекций.	ПК-3.1, ПК-3.2
1.3 Классификация электротермических процессов и установок.		2		2/2И	1	Самостоятельное изучение учебной литературы. Рассмотрение соответствующих теме вопросов из прил. 6. Подготовка к собеседованию.	Собеседование. Конспект лекций.	ПК-3.1, ПК-3.2
Итого по разделу		8		8/6И	4			
2. Электрический нагрев методом сопротивления								

2.1 Способы электрического нагрева сопротивлением.	7	2		2/2И	1	Самостоятельное изучение учебной литературы. Рассмотрение соответствующих теме вопросов из прил. 6. Подготовка к собеседованию.	Собеседование. Конспект лекций.	ПК-3.2, ПК-3.1
2.2 Электрическое сопротивление проводников. Материалы электродов.		2		2/1,2И	1	Самостоятельное изучение учебной литературы. Рассмотрение соответствующих теме вопросов из прил. 6. Подготовка к собеседованию.	Собеседование. Конспект лекций.	ПК-3.2, ПК-3.1
2.3 Электроконтактный нагрев.		2		4/2И	2	Самостоятельное изучение учебной литературы. Рассмотрение соответствующих теме вопросов из прил. 6. Подготовка к собеседованию.	Собеседование. Конспект лекций.	ПК-3.2, ПК-3.1
2.4 Трубчатые электрические нагреватели.		2		4	1	Самостоятельное изучение учебной литературы. Рассмотрение соответствующих теме вопросов из прил. 6. Подготовка к собеседованию.	Собеседование. Конспект лекций.	ПК-3.1, ПК-3.2
2.5 Промышленные печи сопротивления: тепловой баланс и энергетический анализ.		4		2		Самостоятельное изучение учебной литературы. Рассмотрение соответствующих теме вопросов из прил. 6. Подготовка к собеседованию.	Собеседование. Конспект лекций.	ПК-3.2, ПК-3.1
Итого по разделу		12		14/5,2И	5			
3. Электродуговой нагрев								
3.1 Свойства и характеристики электрической дуги. Зажигание, устойчивость горения, регулирование тока дуги. Источники питания электрической дуги.	7	2		2		Самостоятельное изучение учебной литературы. Рассмотрение соответствующих теме вопросов из прил. 6. Подготовка к собеседованию.	Собеседование. Конспект лекций.	ПК-3.1

3.2 Дуговые электрические печи и установки. Классификация печей, рудно-термические печи, вакуумные печи, электрошлакового переплава, плазменные установки, электронно-лучевые установки, лазерные технологические		3		2	1,6	Самостоятельное изучение учебной литературы. Рассмотрение соответствующих теме вопросов из прил. 6. Подготовка к собеседованию.	Собеседование. Конспект лекций.	ПК-3.1, ПК-3.2
Итого по разделу		5		4	1,6			
4. Индукционный нагрев								
4.1 Классификация индукционных установок нагрева.	7	1				Самостоятельное изучение учебной литературы. Рассмотрение соответствующих теме вопросов из прил. 6. Подготовка к собеседованию.	Собеседование. Конспект лекций.	ПК-3.1
4.2 Индукционные печи: тепловой и энергетический анализ.		2		2	2	Самостоятельное изучение учебной литературы. Рассмотрение соответствующих теме вопросов из прил. 6. Подготовка к собеседованию.	Собеседование. Конспект лекций.	ПК-3.1, ПК-3.2
Итого по разделу		3		2	2			
Итого за семестр		28		28/11,2И	12,6		экзамен	
Итого по дисциплине		28		28/11,2И	12,6		экзамен	

5 Образовательные технологии

Для решения предусмотренных видов учебной работы при изучении дисциплины в качестве образовательных технологий используются как традиционные, так и модульно-компетентностные технологии. Передача необходимых теоретических знаний и формирование представлений по курсу происходит с применением мультимедийного оборудования. Лекционный материал закрепляется на лабораторных работах, где применяется совместная деятельность студентов в группе, направленная на решение общей задачи путем сложения результатов индивидуальной работы членов группы. Для развития и совершенствования коммуникативных способностей студентов организуются практические занятия в виде дискуссий, анализа реальных проблемных ситуаций и междисциплинарных связей из различных областей в контексте решаемой задачи. Самостоятельная работа стимулирует студентов к самостоятельной проработке тем в процессе написания рефератов, подготовки к дискуссиям, и тестированию.

6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Представлено в приложении 1.

7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

Представлены в приложении 2.

8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

а) Основная литература:

1. Юдаев, И. В. Электрический нагрев: основы физики процессов и конструктивных расчетов : учебное пособие / И. В. Юдаев, Е. Н. Живописцев. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 196 с. — ISBN 978-5-8114-2775-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/169058> (дата обращения: 14.06.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Юдаев, И. В. Расчет электротермических процессов и оборудования : учебное пособие / И. В. Юдаев, С. В. Машков, М. Р. Фатхутдинов. — Самара : СамГАУ, 2018. — 218 с. — ISBN 978-5-88575-541-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/113435> (дата обращения: 14.06.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

б) Дополнительная литература:

1. Макаров, А. Н. Теплообмен в электродуговых и факельных металлургических печах и энергетических установках : учебное пособие / А. Н. Макаров. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 384 с. — ISBN 978-5-8114-1653-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/168683> (дата обращения: 14.06.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Установки индукционного нагрева : учебное пособие / В. С. Немков, В. А. Буканин, М. В. Первухин [и др.]. — Красноярск : СФУ, 2018. — 88 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/157566> (дата обращения: 14.06.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Миронов, Ю. М. Установки электрошлаковой металлургической технологии : монография / Ю.М. Миронов. — 2-е изд., стереотип. — Москва : ИНФРА-М, 2021. — 404 с., [48] с. цв. ил. — (Научная мысль). — DOI 10.12737/monography_5a40ac170cdab6.31947003. - ISBN 978-5-16-013683-7. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1157233> (дата обращения: 14.06.2021). — Режим доступа: по подписке.

в) Методические указания:

г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Программное обеспечение

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
MS Office 2007 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
7Zip	свободно	бессрочно
MathCAD v.15 Education University	Д-1662-13 от 22.11.2013	бессрочно
Calculate Linux Desktop Xfce	свободно распространяемое ПО	бессрочно
FAR Manager	свободно	бессрочно
Linux Calculate	свободно	бессрочно

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Название курса	Ссылка
Международная база полнотекстовых журналов Springer Journals	http://link.springer.com/
Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И. Носова	https://magtu.informsystema.ru/Marc.html?locale=ru
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт промышленной	URL: http://www1.fips.ru/
Информационная система - Единое окно доступа к информационным	URL: http://window.edu.ru/
Поисковая система Академия Google (Google Scholar)	URL: https://scholar.google.ru/
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного	URL: https://elibrary.ru/project_risc.asp

9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

1. Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа
Мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации
2. Учебная аудитория для проведения лабораторных работ: компьютерный класс
Персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета
3. Помещения для самостоятельной работы обучающихся
Персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета
4. Учебные аудитории для групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточных консультаций
Доска, мультимедийный проектор, экран
5. Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования
Стеллажи для хранения учебно-методической документации

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся.

1. Виды теплообмена, происходящие при передаче тепла к нагреваемому телу.
2. Какие огнеупорные материалы применяются в печестроении?
3. Какие металлические нагреватели применяются при работе электротехнологических установок?
4. Какие неметаллические нагреватели применяются при работе электротехнологических установок?
5. Классификация ЭПС.
6. Принцип действия печей сопротивления.
7. Конструкции нагревательных элементов.
8. Понятие об удельной поверхностной мощности и сроке службы НЭ.
9. Датчики температуры. Характеристика методов автоматического регулирования температуры ЭПС.
10. Двухпозиционное регулирование температуры.
11. Трехпозиционное и непрерывное регулирование температуры.
12. Каковы преимущества индукционного нагрева перед установками косвенного нагрева?
13. Каким образом можно регулировать пространственное расположение зоны протекания вихревых токов при индукционном нагреве?
14. Каким образом по назначению подразделяются индукционные установки?
15. Каким образом подразделяются по принципу действия индукционные печи?
16. Чем отличается индукционная канальная печь от трансформатора?
17. Что входит в понятие индукционной единицы при индукционном нагреве?
18. Что относится к электрооборудованию, схеме питания и управления канальных печей?
19. Что используется для однофазных печей для обеспечения равномерной нагрузки фаз сети?
20. Принцип действия индукционной тигельной печи.
21. Изложите процесс возникновения электрической сварочной дуги.
22. Почему напряжение зажигания дуги всегда больше, чем при нормальном ее горении?
23. Из каких основных элементов состоит электрическая дуга?
24. Назовите основные характеристики электрической дуги.
25. Как влияет индуктивность в цепи переменного тока на устойчивость горения дуги?
26. Назовите основные требования, предъявляемые к однопостовым источникам сварочного тока.
27. Назовите основные требования, которым должны удовлетворять сварочные трансформаторы.
28. Объясните, почему однопостовые источники сварочного тока должны иметь круто падающую внешнюю характеристику, а многопостовые жесткую внешнюю характеристику?
29. Какими способами обеспечивается падающая внешняя характеристика у однопостового сварочного генератора?
30. Каким образом осуществляется падающая внешняя характеристика у однопостовых сварочных трансформаторов?
31. Область применения дуговых печей.
32. Электрооборудование и конструктивные элементы ДСП.
33. Основные элементы короткой сети ДСП.
34. Требования, предъявляемые к короткой сети ДСП.
35. Методы регулирования мощности ДСП.
36. Схема замещения цепи с электрической дугой.

37. Классификация дуговых электрических печей.
38. Электрические характеристики дуговых сталеплавильных печей.
39. Энергетические характеристики дуговых сталеплавильных печей.
40. Электромагнитное перемешивание металла.
41. Требования электродуговых печей к системам электроснабжения.
42. Особенности горения электрической дуги на переменном и постоянном токе.

Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
ПК-3 Способен к сбору, обработке, анализу и обобщению результатов экспериментов и исследований в соответствующей области знаний.		
ПК-3.1	Осуществляет сбор, обработку, анализ и обобщение результатов экспериментов и исследований	<p>Перечень теоретических вопросов к экзамену:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Виды теплообмена, происходящие при передаче тепла к нагреваемому телу. 2. Какие огнеупорные материалы применяются в печестроении? 3. Какие металлические нагреватели применяются при работе электротехнологических установок? 4. Какие неметаллические нагреватели применяются при работе электротехнологических установок? 5. Классификация ЭПС. 6. Принцип действия печей сопротивления. 7. Конструкции нагревательных элементов. 8. Понятие об удельной поверхностной мощности и сроке службы НЭ. 9. Датчики температуры. Характеристика методов автоматического регулирования температуры ЭПС. 10. Двухпозиционное регулирование температуры. 11. Трехпозиционное и непрерывное регулирование температуры. 12. Каковы преимущества индукционного нагрева перед установками косвенного нагрева? 13. Каким образом можно регулировать пространственное расположение зоны протекания вихревых токов при индукционном нагреве? 14. Каким образом по назначению подразделяются индукционные установки? 15. Каким образом подразделяются по принципу действия индукционные

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>печи?</p> <p>16. Чем отличается индукционная канальная печь от трансформатора?</p> <p>17. Что входит в понятие индукционной единицы при индукционном нагреве?</p> <p>18. Что относится к электрооборудованию, схеме питания и управления канальных печей?</p> <p>19. Что используется для однофазных печей для обеспечения равномерной нагрузки фаз сети?</p> <p>20. Принцип действия индукционной тигельной печи.</p> <p>21. Изложите процесс возникновения электрической сварочной дуги.</p> <p>22. Почему напряжение зажигания дуги всегда больше, чем при нормальном ее горении?</p> <p>23. Из каких основных элементов состоит электрическая дуга?</p> <p>24. Назовите основные характеристики электрической дуги.</p> <p>25. Как влияет индуктивность в цепи переменного тока на устойчивость горения дуги?</p> <p>26. Назовите основные требования, предъявляемые к однопостовым источникам сварочного тока.</p> <p>27. Назовите основные требования, которым должны удовлетворять сварочные трансформаторы.</p> <p>28. Объясните, почему однопостовые источники сварочного тока должны иметь круто падающую внешнюю характеристику, а многопостовые жесткую внешнюю характеристику?</p> <p>29. Какими способами обеспечивается падающая внешняя характеристика у однопостового сварочного генератора?</p> <p>30. Каким образом осуществляется падающая внешняя характеристика у однопостовых сварочных трансформаторов?</p> <p>31. Область применения дуговых печей.</p> <p>32. Электрооборудование и конструктивные элементы ДСП.</p> <p>33. Основные элементы короткой сети ДСП.</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		34. Требования, предъявляемые к короткой сети ДСП. 35. Методы регулирования мощности ДСП. 36. Схема замещения цепи с электрической дугой. 37. Классификация дуговых электрических печей. 38. Электрические характеристики дуговых сталеплавильных печей. 39. Энергетические характеристики дуговых сталеплавильных печей. 40. Электромагнитное перемешивание металла. 41. Требования электродуговых печей к системам электроснабжения. 42. Особенности горения электрической дуги на переменном и постоянном токе.
ПК-3.2	Подготавливает предложения для составления планов и методических программ экспериментальных исследований и разработок, практических рекомендаций по исполнению их результатов	<p><i>Примерное практическое задание для экзамена:</i></p> <p>Определить установленную мощность методической печи, предназначенной для нагрева стальных изделий под отпуск до температуры 230° С.</p> <p><i>Исходные данные:</i></p> <p>производительность – 0,139 кг/с; тепловой КПД печи – 0,72; электрический КПД печи – 0,95; удельная теплоемкость стали – 490 Дж/кг·°С (в интервале температур 20 - 230°С).</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p><i>Решение</i></p> <p>1. Определение полезной мощности печи</p> $P_{пол} = MC(t_2 - t_1),$ <p>где M - производительность; C - удельная теплоемкость; t_1 - начальная температура; t_2 - конечная температура.</p> $P_{пол} = 0,139 \cdot 460 \cdot (230 - 20) = 14303,1 \text{ Вт},$ $\left[\frac{\text{кг}}{\text{с}} \cdot \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot ^\circ\text{C} = \frac{\text{Дж}}{\text{с}} = \text{Вт} \right].$ <p>1. Определение потребляемой мощности</p> $P_{номр} = \frac{P_{пол}}{\eta_{эл}\eta_{т}} = \frac{14303,1}{0,95 \cdot 0,72} = 20910,96 \text{ Вт},$ <p>где $\eta_{эл}$ - электрический КПД; $\eta_{т}$ - тепловой КПД.</p> <p>2. Определение установленной мощности</p> $P_{уст} = P_{номр}k_3,$ <p>где k_3 - коэффициент запаса (принимает $k_3 = 1,2$).</p> $P_{уст} = 20910,96 \cdot 1,2 = 25093,16 \text{ Вт}.$

б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания.

Критерии оценки (в соответствии с формируемыми компетенциями и планируемыми результатами обучения):

– на оценку «отлично» – студент должен показать базовые знания по изучаемой дисциплине на уровне воспроизведения и объяснения информации, показать интеллектуальные навыки решения простых задач, свободное владение и понимание материала в пределах экзаменационного билета, а также углубленные знания по изучаемой дисциплине, в ходе ответов на дополнительные вопросы;

на оценку «хорошо» – студент должен показать базовые знания по изучаемой дисциплине на уровне воспроизведения и объяснения информации, показать интеллектуальные навыки решения простых задач, свободное владение и понимание материала в пределах экзаменационного билета;

– на оценку «удовлетворительно» – студент должен показать базовые знания по изучаемой дисциплине на уровне воспроизведения и объяснения информации, показать интеллектуальные навыки решения простых задач;

– на оценку «неудовлетворительно» – студент не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.