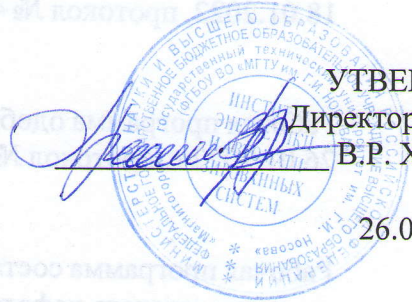




МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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



УТВЕРЖДАЮ

Директор ИЭиАС

В.Р. Храмшин

26.01.2022 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ  
ТЕПЛОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ**

Направление подготовки (специальность)  
13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Направленность (профиль/специализация) программы  
Цифровой инжиниринг объектов промышленной теплоэнергетики и энергетики  
теплотехнологий

Уровень высшего образования - магистратура

Форма обучения  
очная

Институт/ факультет	Институт энергетики и автоматизированных систем
Кафедра	Теплотехнических и энергетических систем
Курс	1
Семестр	1

Магнитогорск  
2022 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО - магистратура по направлению подготовки 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника (приказ Минобрнауки России от 28.02.2018 г. № 146)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Теплотехнических и энергетических систем  
18.01.2022, протокол № 4

Зав. кафедрой  Е.Г. Нешпоренко

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИЭиАС  
26.01.2022 г. протокол № 5

Председатель  В.Р. Храмшин

Рабочая программа составлена:

ст. преподаватель кафедры ТиЭС, канд. техн. наук  М.А. Лемешко

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 2023 - 2024 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 2024 - 2025 учебном году на заседании кафедры Теплотехнических и энергетических систем

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Е.Г. Нешпоренко

## **1 Цели освоения дисциплины (модуля)**

Целью преподавания данной дисциплины является изучение основных положений методологии науки и применению их в научной деятельности вообще и в энергетике – в частности.

Изучение основных разделов современной теплоэнергетики, знакомство с актуальными проблемами, определяющими дальнейший прогресс теплоэнергетики в различных областях.

Усвоение студентами основных проблем современной теплоэнергетики, математические методы и алгоритмы решения актуальных задач теплоэнергетики в сложных системах, уметь разрабатывать математические модели и решать задачи анализа и синтеза сложных систем теплоэнергетики с использованием современных информационных технологий, иметь представление о перспективах развития и формировании общей теории теплоэнергетики, изучение студентами методов научного исследования, этапов выполнения научной работы, источниками поиска информации для формулировки гипотезы и обоснования актуальности решаемой исследовательской задачи, методами сбора количественной информации, подготовки научной публикации и оформления результатов научного исследования.

## **2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы**

Дисциплина Энергообеспечение промышленных теплотехнологических комплексов входит в часть учебного плана формируемую участниками образовательных отношений образовательной программы.

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

Для изучения дисциплины необходимы знания, сформированные в результате изучения дисциплин на предыдущем уровне высшего образования: академическая степень бакалавра, специалиста.

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

Методология и методы научного исследования

Использование источников энергии в металлургии

Энергосбережение при транспорте и распределении теплоты

Энергетические установки высокой эффективности (ПГУ и ГТУ ТЭС)

Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

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

В результате освоения дисциплины (модуля) «Энергообеспечение промышленных теплотехнологических комплексов» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции
ПК-4	Способен проводить диагностику состояния особо сложных технологических комплексов термического производства
ПК-4.1	Анализирует техническую и нормативную документацию по конструкции термического оборудования и разрабатывает план диагностики особо сложного технологического комплекса термического производства.

#### 4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц 180 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 77,1 акад. часов;
- аудиторная – 72 акад. часов;
- внеаудиторная – 5,1 акад. часов;
- самостоятельная работа – 67,2 акад. часов;
- в форме практической подготовки – 0 акад. час;
- подготовка к экзамену – 35,7 акад. час

Форма аттестации - курсовая работа, 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.								
1.1 Назначение и классификация металлургических агрегатов. Тепловые процессы при производстве и обработке металлов, нагревание (охлаждение), плавление металлов.	1	4		4/2И	7	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. Проработка соответствующих вопросов из прил. 1.	Конспект лекций. Результаты тестирования. Доклад по этапам курсовой работы.	ПК-4.1
1.2 Типовые режимы-схемы тепловой работы печей-теплообменников и печей-теплогенераторов, их описание и анализ.		4		4/2И	7	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. Проработка соответствующих вопросов из прил. 1.	Конспект лекций. Результаты тестирования. Доклад по этапам курсовой работы.	ПК-4.1
1.3 Конструкции и элементы высокотемпературных металлургических агрегатов, устройства и материалы, применяемые при их сооружении.		4		4/2И	7	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. Проработка соответствующих вопросов из прил. 1.	Конспект лекций. Результаты тестирования. Доклад по этапам курсовой работы.	ПК-4.1
1.4 Анализ протекающих процессов, определение пути совершенствования технологических процессов, разработки экологически безвредных и малоотходных технологий.		4		4/2И	4	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. Проработка соответствующих вопросов из прил. 1.	Конспект лекций. Результаты тестирования. Доклад по этапам курсовой работы.	ПК-4.1

1.5 Особенности теплогенерации, механики газов, тепло- и массообмена в металлургических агрегатах.	2		4/2И	10	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. Проработка соответствующих вопросов из прил. 1.	Конспект лекций. Результаты тестирования. Доклад по этапам курсовой работы. Семинарское занятие.	ПК-4.1
1.6 Составление тепловых балансов рабочего пространства металлургических агрегатов, определение теплотехнических характеристик тепловой работы.	4		4/2И	6,1	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. Проработка соответствующих вопросов из прил. 1.	Конспект лекций. Результаты тестирования. Доклад по этапам курсовой работы.	ПК-4.1
1.7 Назначение, классификация и схема теплообменных аппаратов металлургических агрегатов, виды и характеристика вторичных энергоресурсов (ВЭР).	4		4/2И	6	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. Проработка соответствующих вопросов из прил. 1.	Конспект лекций. Результаты тестирования. Доклад по этапам курсовой работы. Семинарское занятие.	ПК-4.1
1.8 Утилизация ВЭР, энергетическая и экономическая целесообразность энергосбережения в металлургических агрегатах.	4		4/2И	10	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. Проработка соответствующих вопросов из прил. 1.	Конспект лекций. Результаты тестирования. Доклад по этапам курсовой работы.	ПК-4.1
1.9 Принципы выбора, расчета и проектирования на основе методологии общей теории тепловой работы печей, а также теплотехнические и теплоэнергетические проблемы конструирования, эксплуатации, диагностики, расчета и наладки агрегатов.	6		4/2И	10,1	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. Проработка соответствующих вопросов из прил. 1.	Конспект лекций. Результаты тестирования. Доклад по этапам курсовой работы. Защита курсовой работы. Подготовка к экзамену.	ПК-4.1
Итого по разделу	36		36/18И	67,2			
Итого за семестр	36		36/18И	67,2		экзамен,кр	
Итого по дисциплине	36		36/18И	67,2		курсовая работа, экзамен	

## **5 Образовательные технологии**

Для реализации предусмотренных видов учебной работы в качестве образовательных технологий в преподавании используются традиционная и модульно - компетентностная технологии. Передача необходимых теоретических знаний и формирование основных представлений по курсу происходит с использованием мультимедийного оборудования. При проведении практических занятий используются работа в команде и методы ИТ. Самостоятельная работа стимулирует студентов в процессе подготовки домашних заданий, при решении задач на практических занятиях, при подготовке к контрольным работам и итоговой аттестации.

### **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. Дзюзер, В. Я. Теплотехника и тепловая работа печей : учебное пособие / В. Я. Дзюзер. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2017. — 384 с. — ISBN 978-5-8114-1949-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/93750> (дата обращения: 19.10.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Шкаровский, А. Л. Теплоснабжение : учебник / А. Л. Шкаровский. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 392 с. — ISBN 978-5-8114-5222-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/136185> (дата обращения: 19.10.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

#### **б) Дополнительная литература:**

1. Трубаев, П.А. Термодинамический и эксергетический анализ в теплотехнологии : монография / П.А. Трубаев. - Москва : Инфра-Инженерия, 2019. - 228 с. - ISBN 978-5-9729-0279-8. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1053412> (дата обращения: 19.10.2020). - Режим доступа: по подписке.

2. Ушаков, В. Я. Потенциал энергосбережения и его реализация на предприятиях ТЭК: Учебное пособие / Ушаков В.Я., Чубик П.С. - Томск:Изд-во Томского политех. университета, 2015. - 388 с. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/701880> (дата обращения: 19.10.2020). - Режим доступа: по подписке.

3. Лебедев, В. А. Ядерные энергетические установки : учебное пособие / В. А. Лебедев. — Санкт-Петербург : Лань, 2015. — 192 с. — ISBN 978-5-8114-1868-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/67466> (дата обращения: 19.10.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

#### **в) Методические указания:**

1. Нешпоренко, Е.Г. Горение и конверсия топлив в промышленных теплоэнергетических установках: учебное пособие / Е.Г. Нешпоренко, С.В. Картавцев. - Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2017. - 63 с.

2. Свечникова, Н. Ю. Химическая технология топлива : учебно-методическое пособие / Н. Ю. Свечникова, С. В. Юдина, Т. Г. Волощук ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2018. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул. экрана. - URL:

<https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=3597.pdf&show=dcatalogues/1/1524387/3597.pdf&view=true> (дата обращения: 14.05.2020). - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.

3. Смирнов, А. Н. Термодинамика процессов горения топлива : методические указания для студентов / А. Н. Смирнов, М. А. Шестобитов, С. В. Юдина ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2013. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул. экрана. - URL:

<https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=68.pdf&show=dcatalogues/1/1124302/68.pdf&view=true> (дата обращения: 14.05.2020). - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.

#### 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 распространяемое	бессрочно
MathCAD v.15 Education University Edition	Д-1662-13 от 22.11.2013	бессрочно
FAR Manager	свободно распространяемое	бессрочно
Linux Calculate	свободно распространяемое	бессрочно

##### Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Название курса	Ссылка
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)	URL: <a href="https://elibrary.ru/project_risc.asp">https://elibrary.ru/project_risc.asp</a>
Поисковая система Академия Google (Google Scholar)	URL: <a href="https://scholar.google.ru/">https://scholar.google.ru/</a>
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт промышленной собственности»	URL: <a href="http://www1.fips.ru/">http://www1.fips.ru/</a>
Информационная система - Единое окно доступа к информационным ресурсам	URL: <a href="http://window.edu.ru/">http://window.edu.ru/</a>
Международная реферативная и полнотекстовая справочная база данных научных изданий	<a href="http://scopus.com">http://scopus.com</a>
Международная база полнотекстовых журналов Springer Journals	<a href="http://link.springer.com/">http://link.springer.com/</a>

#### 9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа. Мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации. Учебные аудитории для проведения практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Доска, мультимедийный проектор, экран. Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования Стеллажи, сейфы для хранения учебного оборудования. Инструменты для ремонта лабораторного оборудования.



### Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся.

Основные вопросы для самостоятельной подготовки.

1. Что представляет собой теплотехнологическое оборудование ?
2. Какое определение дается термину «печь» ?
3. Что включает в себя понятие «тепловая работа печи» ?
4. Что является предметом рассмотрения общей теории печей ?
5. В чем состоит практическое значение общей теории печей ?
6. Что такое зона генерации теплоты и зона технологического процесса и какова связь между ними ?
7. Что такое температурный и тепловой режимы работы печи ?
8. Что такое прямоточный, противоточный и камерный температурные режимы ?
9. Из каких статей складывается приходная часть теплового баланса ?
10. Из каких статей складывается расходная часть теплового баланса ?
11. Что такое коэффициент полезного теплоиспользования ?
12. От каких параметров зависит теоретическая температура горения топлива в печи при подогреве воздуха, используемого для сжигания ?
13. В чем заключаются задачи внешнего и внутреннего теплообмена при нагреве твердых материалов ?
14. Что такое термически тонкие и массивные тела ?
15. Что такое граничные условия и зачем они нужны ?
16. В чем особенности тепло- и массопереноса в жидких средах ?
17. Что такое радиационный режим тепловой работы печей ?
18. Что такое режим косвенного направленного теплообмена ?
19. Что такое режим прямого направленного теплообмена ?
20. Что такое режим равномерно распределенного теплообмена ?
21. Почему применение плоскопламенных и радиационных горелок обеспечивает интенсивный косвенный направленный теплообмен ?
22. В чем особенности фильтрационного движения газа в слое материала (плотный слой, кипящий и взвешенный режимы) и какие особенности конвективного теплообмена при этом ?
23. Какие преимущества циклонного режима взвешенного слоя ?
24. Что такое электрический режим работы печей-теплогенераторов и каковы его особенности ?
25. Какие физические основы электронагрева и области его эффективного применения ?
26. Какие основные функции ограждения печей ?
27. Что такое холодное ограждение печей ?
28. Что такое горячее ограждение печей ?
29. Что такое гарнисажная футеровка ?
30. Как объяснить экстремальную зависимость суммарной стоимости строительства и эксплуатации футеровки и стоимости теряемой теплоты от толщины футеровки ?
31. Какие особенности в применении различных видов топлива в печах ?
32. Как влияют размеры зоны генерации теплоты на выбор топливосжигающих устройств ?
33. Какие факторы влияют на потери энергии печных газов при движении их по каналам ?
34. Что такое коэффициент теплопроводности сталей и от каких факторов он зависит ?
35. Как влияют условия охлаждения металла после нагрева на его свойства ?
36. Как используются ВЭР? Основные типы теплообменников и их сравнительная оценка.
37. Какие типовые режимы нагрева заготовок и от чего зависит их выбор ?
38. В чем особенности нагрева сталей ответственного назначения ?
39. Какие виды брака при нагреве металла и основные пути снижения потерь металла ?
40. Какие основные теплотехнические показатели работы печей и пути энергосбережения ?

Курсовая работа.

Курсовая работа включает полный тепловой и аэродинамический расчеты пламенной или электрической печи. В объем работы входит пояснительная записка, включающая расчеты

нагрева (охлаждения) металла, все топливные, тепловые, аэродинамические расчеты дымового и воздушного трактов, определение расхода топлива и теплотехнических показателей работы агрегата, расчет и выбор теплообменных аппаратов, топливосжигающих и тягодутьевых устройств.

Пояснительная записка должна быть изложена на 20-30 с. бумаги Ф.А4 на одной стороне листа, оформлена в обложке, снабжена оглавлением и списком использованной литературы. Пояснительная записка в целом или отдельные ее элементы могут быть представлены распечаткой программы и ее решения на компьютере.

Работа выполняется в следующей последовательности (по этапам):

- Характеристика металлургического агрегата.
- Расчет горения топлива и определение действительной температуры горения
- Расчет времени нагрева (охлаждения) металла.
- Определение основных размеров и предварительное конструирование печи.
- Тепловой баланс и определение теплотехнических характеристик работы печи.
- Тепловой расчет теплообменного аппарата.
- Расчет и выбор топливосжигающих устройств.
- Аэродинамический расчет дымового тракта и выбор тягодутьевых устройств.
- Выбор и обоснование путей энергосбережения.

#### Задания для выполнения курсовой работы

Методическая печь с шагающим подом производительностью  $P$ , т/ч для нагрева от  $t_0 = 100^\circ\text{C}$  до  $t_k$  заготовок среднеуглеродистой стали размерами  $S - B - L$ , мм. Разность температур в конце выдержки  $\Delta t$ .

Вар	$P$	$t_k$	$S$	$B$	$L$	$\Delta t$	Фамилия
1	120	1180	150	400	6000	30	
2	140	1140	180	250	4000	40	
3	200	1160	220	350	5000	50	
4	110	1240	180	300	5000	30	
5	118	1100	160	400	7000	40	
6	102	1220	200	400	5000	50	
7	160	1260	180	300	6000	30	
8	106	1200	160	300	8000	40	
9	100	1180	140	250	6000	50	
10	122	1160	200	350	8000	30	
11	130	1230	140	140	9000	50	
12	140	1210	170	350	8500	40	
13	150	1200	160	500	9500	50	
14	170	1250	190	400	7500	40	
15	180	1240	180	450	8000	50	

Методическая толкательная печь производительностью  $P$ , т/ч для нагрева от  $t_0 = 100^\circ\text{C}$  до  $t_k$  заготовок среднеуглеродистой стали размерами  $S - B - L$ , мм. Разность температур в конце выдержки  $\Delta t$ .

Вар	$P$	$t_k$	$S$	$B$	$L$	$\Delta t$	Фамилия
1	100	1100	150	300	3000	30	
2	74	1240	80	150	6000	40	
3	68	1120	120	250	4000	50	
4	96	1220	180	350	7000	30	
5	110	1140	100	400	8000	40	
6	82	1200	200	200	3000	50	
7	92	1160	140	300	7000	30	
8	116	1240	160	400	8000	40	
9	72	1180	80	250	6000	50	
10	86	1120	100	350	4000	30	
11	94	1210	130	600	6500	50	

12	114	1230	110	450	9000	40	
13	98	1180	90	350	7500	50	
14	120	1160	130	500	9500	40	
15	124	1200	140	700	10000	50	

Камерная печь с выкатным подом для нагрева заготовок из стали 08кп перед ковкой от 200С до  $t_k$  с перепадом в конце нагрева  $\Delta t$ . Размеры заготовок: ширина  $b$ , м, высота  $h$ , м, длина  $l$ , м.

Вар	$b$	$h$	$l$	$t_k$	$\Delta t$	Фамилия
1	0,5	1,0	1,5	1200	30	
2	0,6	0,9	1,6	1220	40	
3	0,7	1,1	2,0	1170	50	
4	0,8	0,6	2,2	1140	60	
5	0,9	0,5	1,2	1180	30	
6	1,0	1,2	2,8	1220	40	
7	0,9	0,7	2,4	1200	40	
8	0,8	0,8	1,8	1160	60	
9	0,7	0,7	1,0	1240	50	
10	0,6	1,1	2,5	1160	40	
11	0,5	0,5	2,0	1180	30	
12	0,4	1,3	1,5	1160	40	
13	0,8	0,6	2,5	1250	50	
14	0,6	0,8	1,5	1230	60	
15	0,5	1,2	2,3	1200	40	

Проходная печь с радиационными трубами для нагрева листов из стали 08кп размерами  $S - B - L$ , м от  $t_0 = 1000C$  до  $t_k$ . Производительность печи  $P$ , т/ч.

Вар	$S$	$B$	$L$	$t_k$	$P$	Фамилия
1	0,010	1,8	4,5	900	32	
2	0,020	1,1	3,6	800	20	
3	0,012	1,7	5,0	920	30	
4	0,018	1,2	3,2	840	22	
5	0,011	1,6	4,2	880	26	
6	0,019	1,3	3,8	820	34	
7	0,013	1,8	3,4	900	24	
8	0,018	1,5	4,8	860	28	
9	0,015	1,3	4,0	940	36	
10	0,017	1,6	3,5	920	26	
11	0,014	1,4	5,0	880	26	
12	0,012	1,3	6,5	860	34	
13	0,017	1,5	5,5	950	33	
14	0,018	1,9	6,5	930	35	
15	0,015	1,5	4,5	900	28	

Темы семинарских занятий

Занятие: Повышение эффективности использования энергетического топлива металлургического процесса.

Вопросы для обсуждения:

- Влияние подогрева топлива и дутья на скорость горения;
- Влияние обогащения дутья кислородом на температуру и скорость горения;
- Эффективность использования смеси газообразных топлив;
- Повышение светимости факела путем карбюрации и самокарбюрации;
- Обеспечение качества смесеобразования при малых значениях коэффициента расхода воздуха;
- Повышение роли катализаторов скорости горения.

Занятие: Интенсификация внешнего теплообмена в металлургических агрегатах.

Вопросы для обсуждения:

- Влияние циркуляции и рециркуляции газов на параметры теплообмена;
- Влияние температуры продуктов горения на лучистую и конвективную составляющие теплообмена;
- Влияние состояния внутренней поверхности футеровки (нанесение покрытий, оребрение и пр.) на внешний теплообмен;
- Влияние способа ввода топлива (отопление торцевое, сводовое, боковое) на параметры теплообмена.

Занятие: Повышение качества продукции металлургических агрегатов.

Вопросы для обсуждения:

- Брак при нагреве и плавлении металла и пути повышения выхода годного;
- Условия обеспечения малоокислительного и безокислительного нагрева;
- Реализация рациональных режимов нагрева, температурного режима, управление окислительным потенциалом печной среды;
- Реализация малоотходного и безотходного производства.

Занятие: Резервы энергосбережения в металлургических агрегатах.

Вопросы для обсуждения:

- Анализ тепловых балансов с целью выявления резервов энергосбережения;
- Роль футеровки в экономии топлива;
- Роль транзитных потоков металла в конечных удельных энергозатратах;
- Значение снижения температуры уходящих газов на расход энергоносителей;
- Современные конструкции теплообменников и эффективные области их применения.

## Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
ПК-4: Способен проводить диагностику состояния особо сложных технологических комплексов термического производства		
ПК-4.1	Анализирует техническую и нормативную документацию по конструкции термического оборудования и разрабатывает план диагностики особо сложного технологического комплекса термического производства.	<p>Примерное задание: Задача 1. Рассчитать методическую печь для нагрева заготовок при следующих условиях: количество отапливаемых зон 3, марка стали ЗСП, сечение заготовки 300200, длина заготовки 4,5 м, температура посадка 0 оС, температура выдачи 1245 оС, производительность печи 160 т/ч, температура нагрева газа 0 оС, температура нагрева воздуха 350 оС, топливо: смесь коксового и доменного газов, теплота сгорания топлива 8,793 МДж/м<sup>3</sup>, влажность коксового газа 21 г./м<sup>3</sup>, влажность доменного газа 27 г./м<sup>3</sup>, коэффициент расхода воздуха 1,1. Топливо на 95% состоит из метана, азот 5%.</p> <p>Задача 2. Провести расчет рекуператора для подогрева воздуха. Исходные данные для расчета: на входе в рекуператор =0оС, на выходе =300оС. Температура дыма на входе в рекуператор =1100оС. Расход газа на отопление печи =1,17 м<sup>3</sup>/с. Расход воздуха на горение топлива м<sup>3</sup>/с. Количество дымовых газов на входе в рекуператор м<sup>3</sup>/с. Состав дымовых газов 8,94% СО<sub>2</sub>; 17,1% Н<sub>2</sub>О; 1,72% О<sub>2</sub> и 71,9% N<sub>2</sub>.</p> <p>Контрольные тесты. 1. Теплота сгорания условного топлива: 1. 7000 кДж/кг 2. 29,3 МДж/кг 2. Интервал значений «пирометрического коэффициента» для ориентировочного определения действительной температуры в печах и топках ? 1. 0,5 – 0,6 2. 0,7 - 0,8 3. 0,9 – 1,0 3. Наибольшее количество теплоты, которое печь может нормально (без недожога топлива в</p>

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		<p>рабочем пространстве) усвоить, называется:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. тепловой нагрузкой</li> <li>2. тепловой мощностью</li> <li>3. коэффициентом полезного действия</li> <li>4. тепловым режимом печи</li> </ol> <p>4. В каких единицах измеряется количество теплоты?</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. °С;</li> <li>2. кг/м;</li> <li>3. Дж;</li> <li>4. Н/м</li> </ol> <p>5. Теплопроводность каких материалов наибольшая?</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Металлов;</li> <li>2. Газов;</li> <li>3. Твердых тел - диэлектриков;</li> <li>4. Жидкостей.</li> </ol> <p>6. От каких параметров зависит коэффициент теплопроводности?</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. От вида движения жидкости;</li> <li>2. От температуры и физических свойств веществ;</li> <li>3. От массы и площади поверхности тела;</li> <li>4. От количества подведенной теплоты.</li> </ol> <p>7. Какое из уравнений плотности теплового потока соответствует переносу теплоты теплопроводностью через однослойную плоскую стенку:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>q = \frac{\delta}{\lambda}(t_2 - t_1);</math></li> <li>2. <math>q = -\lambda grad t;</math></li> <li>3. <math>q = \alpha(t_2 - t_1);</math></li> <li>4. <math>q = \frac{\lambda}{\delta}(t_2 - t_1).</math></li> </ol> <p>8. По какому из уравнений рассчитывается теплопередача через стенку?</p>

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>q = \frac{\lambda(t_{c1} - t_{c2})}{\delta}</math></li> <li>2. <math>q = \frac{t_{c1} - t_{c(n+1)}}{\sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i}}</math></li> <li>3. <math>q = \frac{t_{жс1} - t_{жс2}}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}</math></li> </ol> <p>9. Указать, какому интервалу значений коэффициента <math>\lambda</math> соответствует теплопроводность сталей.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 20 – 50 Вт/(м гр)</li> <li>2. 0,07 – 4 Вт/(м гр)</li> <li>3. 0,007 – 0,07 Вт/(м гр)</li> </ol> <p>10. В каких единицах измеряется коэффициент теплопроводности?</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>\frac{Вт}{м^2}</math>;</li> <li>2. <math>\frac{Вт}{м^2 \cdot град}</math>;</li> <li>3. <math>\frac{Вт}{м \cdot град}</math>;</li> <li>4. Вт.</li> </ol> <p>11. Коэффициент теплопередачи характеризует интенсивность передачи теплоты:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. От одной среды к другой;</li> <li>2. Внутри твердых стенок;</li> <li>3. От одной среды к другой через разделительную стенку;</li> <li>4. От жидкостей к твердым стенкам.</li> </ol> <p>12. Число Фурье определяет:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Режим движения жидкости;</li> </ol>

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		<p>2. Термическую массивность тел;</p> <p>3. Безразмерное время нагрева;</p> <p>4. Физические параметры вещества.</p> <p>10. При каких значениях числа Био тело является термически тонким:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>Bi \rightarrow 0</math>;</li> <li>2. <math>Bi \rightarrow \infty</math>;</li> <li>3. <math>Bi &lt; 0</math>;</li> <li>4. <math>Bi = 25</math>.</li> </ol> <p>13. Какое число подобия является определяемым при расчетах конвективного теплообмена?</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>Pr</math>;</li> <li>2. <math>Nu</math>;</li> <li>3. <math>Re</math>;</li> <li>4. <math>Gr</math>.</li> </ol> <p>14. Каким уравнением подобия характеризуется вынужденная конвекция?</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>Nu = f(Gr, Pr)</math>;</li> <li>2. <math>Nu = f(Re, Pr)</math>;</li> <li>3. <math>Nu = f(Fo, Pr)</math>;</li> <li>4. <math>Nu = f(Bi, Pr)</math></li> </ol> <p>15. Какие значения <math>Re</math> соответствуют турбулентному режиму движения жидкости в трубах (каналах)</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>Re &gt; 1300</math> ;</li> <li>2. <math>Re &lt; 9300</math> ;</li> <li>3. <math>Re &gt; 10300</math> ;</li> <li>4. <math>Re &gt; 2300</math> .</li> </ol> <p>16. Число Рейнольдса определяется по формуле</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>Re = \frac{Wd}{\mu}</math></li> <li>2. <math>Re = \frac{Wd}{\nu}</math></li> <li>3. <math>Re = \frac{vd}{W}</math></li> <li>4. <math>Re = \frac{vl}{W}</math></li> </ol> <p>17. Какое значение поглощательной способности имеет абсолютно черное тело:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>A &lt; 1</math>;</li> </ol>



Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		<p>2. <math>\dot{A} = 0</math>;</p> <p>3. <math>\dot{A} = 1</math>;</p> <p>4. <math>\dot{A} &gt; 1</math></p> <p>18. Какой из приведенных законов применяется для расчетов теплообмена излучением?</p> <p>1. <math>q = -\lambda \frac{\partial t}{\partial n}</math></p> <p>2. <math>q = \alpha(t_c - t_{жс})</math></p> <p>3. <math>q = \varepsilon * c_o \left(\frac{T}{100}\right)^4</math></p> <p>19. Какие газы обладают излучательной и поглощательной способностью?</p> <p>1. He, Ar, Ne</p> <p>2. N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub></p> <p>3. H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub></p> <p>20. Важнейшие химические элементы топлива органического происхождения:</p> <p>1. кислород и углерод</p> <p>2. кислород и водород</p> <p>3. углерод и водород</p> <p>21. Какая теплота сгорания топлива соответствует действительному количеству теплоты, выделяемой при сгорании в печах и топках ?</p> <p>1. высшая теплота сгорания</p> <p>2. низшая теплота сгорания</p> <p>22. Какому газообразному топливу с теплотой сгорания 3,5-4,0 МДж/м<sup>3</sup> соответствует примерный состав: 9-14% CO<sub>2</sub> ; 25-30% CO; 57-58% N<sub>2</sub> ; остальное- метан и водород .</p> <p>1. коксовый газ</p> <p>2. доменный газ</p> <p>3. природный газ</p> <p>4. коксодоменная смесь</p> <p>23. К огнеупорным относят материалы, огнеупорность которых не ниже (по стандартам и терминологии России):</p>

<i>Код индикатора</i>	<i>Индикатор достижения компетенции</i>	<i>Оценочные средства</i>
		1. 1580 С; 2. 1680 С; 3. 1780 С; 24. Укажите правильную последовательность убывания концентрации компонентов продуктов горения топлива в печах и топках при сжигании в воздухе 1. CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O, N <sub>2</sub> 2. N <sub>2</sub> ,H <sub>2</sub> O , CO <sub>2</sub> 3. N <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O