

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета _____ Бурковский А.В.
«31» августа 2017 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины
«Высокотемпературные теплотехнологические процессы и
установки»

Направление подготовки 13.03.01 ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА И
ТЕПЛОТЕХНИКА

Профиль Промышленная теплоэнергетика

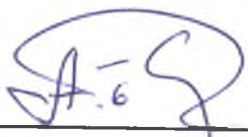
Квалификация выпускника бакалавр

Нормативный период обучения 4 года / 5 лет

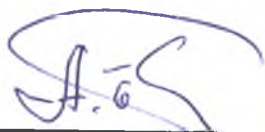
Форма обучения очная / заочная

Год начала подготовки 2017

Автор программы


_____/Барakov А.В./

**Заведующий кафедрой
Теоретической и
промышленной
теплоэнергетики**


_____/Барakov А.В./

Руководитель ОПОП


_____/Кожухов Н.Н./

Воронеж 2017

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели дисциплины

Целью изучения дисциплины является формирование знаний по проектированию, эксплуатации и исследованию энергетических и теплотехнологических установок, которые являются одними из самых ёмких потребителей топлива и других энергоресурсов (электроэнергии, кислорода, сжатого воздуха).

1.2. Задачи освоения дисциплины

Изучение прогрессивных технологических принципов обработки материалов; выбор конструкций нагревательных устройств; обоснование рационального способа генерации теплоты; ресурс- и энергосбережение путем рационального теплового режима и интенсификации процесса теплопередачи; изучение основных компонент систем автоматизированного проектирования высокотемпературных установок.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Высокотемпературные теплотехнологические процессы и установки» относится к дисциплинам вариативной части блока Б1.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Высокотемпературные теплотехнологические процессы и установки» направлен на формирование следующих компетенций:

ОПК-2 - способностью демонстрировать базовые знания в области естественнонаучных дисциплин, готовностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности; применять для их разрешения основные законы естествознания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования.

ПК-2 - способностью проводить расчеты по типовым методикам, проектировать технологическое оборудование с использованием стандартных средств автоматизации проектирования в соответствии с техническим заданием.

ПК-4 - способностью к проведению экспериментов по заданной методике, обработке и анализу полученных результатов с привлечением соответствующего математического аппарата.

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ОПК-2	знать основные закономерности и тенденции развития технических объектов; основные положения современных методов конструирования и проектирования технических объектов; инновационные пути повышения качества проектных работ и показателей высокотемпературных теплотехнологий и отдельных процессов; состав и разделы рабочего проекта высокотемпературных теплотехнологий; состав и назначение основных компонент систем автоматизированного проектирования
	уметь принимать технические решения при проектировании теплоэнергетических объектов; выполнять чертежи технических объектов и систем с использованием компьютерной графики; проводить численные расчеты с помощью специализированных программных продуктов в области нагрева и охлаждения
	владеть навыками работы с выбором оборудования и схем, применяемыми в сфере теплоэнергетики; навыками применения высокотемпературных теплотехнологий
ПК-2	знать методы информационного и технического обеспечения систем автоматизированного проектирования энергетических объектов
	уметь разрабатывать и оформлять проектную документацию для высокотемпературных теплотехнологий машиностроительных и автотракторных заводов Российской Федерации
	владеть навыками конструирования и проектирования теплотехнических систем и установок
ПК-4	знать методики экспериментального исследования теплотехнических систем и установок
	уметь проводить экспериментального исследования и обрабатывать его результаты
	владеть навыками анализа данных, полученных с помощью физического или вычислительного эксперимента

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоёмкость дисциплины «Высокотемпературные теплотехнологические процессы и установки» составляет 5 з.е.

Распределение трудоёмкости дисциплины по видам занятий.

Очная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		6
Аудиторные занятия (всего)	90	90
В том числе:		
Лекции	36	36
Практические занятия (ПЗ)	36	36
Лабораторные работы (ЛР)	18	18
Самостоятельная работа	63	63
Курсовой проект	+	+
Часы на контроль	27	27
Виды промежуточной аттестации - экзамен	+	+
Общая трудоемкость:		
академические часы	180	180
зач.ед.	5	5

Заочная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		8
Аудиторные занятия (всего)	22	22
В том числе:		
Лекции	8	8
Практические занятия (ПЗ)	8	8
Лабораторные работы (ЛР)	6	6
Самостоятельная работа	149	149
Курсовой проект	+	+
Часы на контроль	9	9
Виды промежуточной аттестации - экзамен	+	+
Общая трудоемкость:		
академические часы	180	180
зач.ед.	5	5

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

Очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц.	Прак. зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего, час.
1	Введение	Структурная схема теплотехнологической установки, назначение отдельных элементов. Основные этапы развития теплотехнологических установок, ведущая роль отечественных учёных в развитие энергетики теплотехнологии. Тепловая	4	-	-	5	9

		схема технологической установки, технологические зоны и теплотехнические элементы, классификация тепловых схем. Температурные и тепловые графики, их классификация. Теплотехнические принципы организации теплотехнологических процессов и схемы рабочих камер.					
2	Аэродинамические условия в рабочей камере	Движение газов в технологических камерах. Канальное движение. Струйное движение, внутренняя циркуляция газов, распределение статического давления по высоте рабочего пространства печи. Фильтрационное движение, плотный слой, псевдоожиженный слой, взвешенный слой, циклонное движение.	4	4	4	7	19
3	Внешний теплообмен	Радиационный нагрев. Основные способы нагрева. Прямой нагрев, установки с большим объёмом рабочего пространства, шахтные печи. Внешний теплообмен в печах с большим объёмом свободного рабочего пространства в виде радиационного теплообмена, равномерно распределённый и направленный прямой теплообмен, направленный косвенный теплообмен, теплообмен излучением при муфельировании материала. Внешний теплообмен в печах с радиантными трубами. Конвективный нагрев. Внешний теплообмен в слоевых установках, плотный слой, псевдоожиженный слой, слоевые установки с косвенным подводом тепла. Косвенный теплообмен, основные расчётные уравнения.	4	4	4	7	19
4	Внутренний теплообмен	Общая постановка задачи и её решение. Расчёт нагрева "тонких" тел. Расчёт нагрева "массовых" тел. Особенности внутреннего теплообмена в псевдоожиженном слое. Численные методы расчёта внутреннего теплообмена в монолитных и дисперсных веществах.	4	4	4	7	21
5	Тепловой и материальный балансы ВТУ	Тепловой баланс, приходные и расходные статьи, коэффициенты полезного действия, удельные расходы топлива. Материальный баланс установки	2	2	-	6	10
6	Особенности сжигания топлива в ВТУ	Полное сгорание топлива. Неполное сгорание топлива с коэффициентом избытка воздуха $\alpha < 1$. Неполное горение при диссоциации продуктов сгорания.	2	2	-	5	9
7	Огнеупорные, теплоизоляционные и строительные материалы	Классификация огнеупорных материалов, их физико-механические и рабочие свойства, пористость, теплопроводность, теплоёмкость, огнеупорность, термостойкость, механическая прочность, шлакоустойчивость, термическое расширение, правильность форм и размеров. Основные виды огнеупорных изделий, кремнезёмистые, алюмосиликатные, магнезиальные, хромистые, углеродистые, цирконистые, карбидные. Неформированные огнеупорные материалы, огнеупорные бетоны, набивные массы, торкрет-массы, защитные гарниссажи, растворы, обмазки. Теплоизоляционные материалы, диатомит, трепел, асбест, искусственные теплоизоляционные материалы. Другие строительные материалы.	4	2	-	5	11

8	Печи для нагрева металлов	Технология и расчёт процесса нагрева, температура нагрева, равномерность нагрева, угар, режим нагрева, температурные напряжения, расчёт продолжительности нагрева «тонких» и «массивных» тел. Печи для нагрева слитков перед прокаткой и ковкой, камерные печи, нагревательные колодцы, проходные нагревательные печи, толкательные, с роликовым подом, с шагающими балками. Термические печи, садочные печи периодического действия, проходные печи непрерывного действия. Электрические нагревательные печи.	4	6	-	8	18
9	Плавильные печи	Технология и расчёт процесса плавления, температура плавления, расчёт продолжительности плавки. Топливные плавильные печи, доменная печь, вагранка, конвертор, мартеновская печь, отражательная печь, циклонная печь. Электрические плавильные печи, дуговые печи, вакуумные дуговые печи, электрошлаковые печи, индукционные печи.	4	6	-	5	15
10	Рациональное топливоиспользование в ВТУ	Основные направления рационального энерго- и теплоиспользования, основы безотходных и энергосберегающих методов организации технологических процессов. Регенеративный подогрев компонентов горения, экономия топлива, повышение температуры горения, классификация подогревателей компонентов горения. Рекуперативные теплообменные аппараты, тепловой и гидравлический расчёт, рекуператор из гладких стальных труб, игольчатый рекуператор, радиационные рекуператоры, керамические рекуператоры.	4	6	2	8	22
Итого			36	36	18	63	153

Заочная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц.	Прак. зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего, час.
1	Введение	Структурная схема теплотехнологической установки, назначение отдельных элементов. Основные этапы развития теплотехнологических установок, ведущая роль отечественных учёных в развитие энергетики теплотехнологии. Тепловая схема технологической установки, технологические зоны и теплотехнические элементы, классификация тепловых схем. Температурные и тепловые графики, их классификация. Теплотехнические принципы организации теплотехнологических процессов и схемы рабочих камер.	1	1	-	15	17
2	Аэродинамические условия в рабочей камере	Движение газов в технологических камерах. Канальное движение. Струйное движение, внутренняя циркуляция газов, распределение статического давления по высоте рабочего пространства печи. Фильтрационное движение, плотный слой, псевдоожиженный слой, взвешенный слой, циклонное движение.	1	1	-	16	18
3	Внешний теплообмен	Радиационный нагрев. Основные способы нагрева. Прямой нагрев, установки с большим объёмом рабочего пространства,	1	1	4	17	23

		шахтные печи. Внешний теплообмен в печах с большим объёмом свободного рабочего пространства в виде радиационного теплообмена, равномерно распределённый и направленный прямой теплообмен, направленный косвенный теплообмен, теплообмен излучение при муфелировании материала. Внешний теплообмен в печах с радиантными трубами. Конвективный нагрев. Внешний теплообмен в слоевых установках, плотный слой, псевдоожиженный слой, слоевые установки с косвенный подводом тепла. Косвенный теплообмен, основной расчётные уравнения.					
4	Внутренний теплообмен	Общая постановка задачи и её решение. Расчёт нагрева "тонких" тел. Расчёт нагрева "массовых" тел. Особенности внутреннего теплообмена в псевдоожиженном слое. Численные методы расчёта внутреннего теплообмена в монолитных и дисперсных веществах.	1	1	-	13	15
5	Тепловой и материальный балансы ВТУ	Тепловой баланс, приходные и расходные статьи, коэффициенты полезного действия, удельные расходы топлива. Материальный баланс установки	1	1	-	16	18
6	Особенности сжигания топлива в ВТУ	Полное сгорание топлива. Неполное сгорание топлива с коэффициентом избытка воздуха $\alpha < 1$. Неполное горение при диссоциации продуктов сгорания.	1	1	-	14	16
7	Огнеупорные, теплоизоляционные и строительные материалы	Классификация огнеупорных материалов, их физико-механические и рабочие свойства, пористость, теплопроводность, теплоёмкость, огнеупорность, термостойкость, механическая прочность, шлакоустойчивость, термическое расширение, правильность форм и размеров. Основные виды огнеупорных изделий, кремнезёмистые, алюмосиликатные, магнезиальные, хромистые, углеродистые, цирконистые, карбидные. Неформированные огнеупорные материалы, огнеупорные бетоны, набивные массы, торкрет-массы, защитные гарниссажи, растворы, обмазки. Теплоизоляционные материалы, диатомит, трепел, асбест, искусственные теплоизоляционные материалы. Другие строительные материалы.	-	-	-	14	14
8	Печи для нагрева металлов	Технология и расчёт процесса нагрева, температура нагрева, равномерность нагрева, угар, режим нагрева, температурные напряжения, расчёт продолжительности нагрева «тонких» и «массивных» тел. Печи для нагрева слитков перед прокаткой и ковкой, камерные печи, нагревательные колодцы, проходные нагревательные печи, толкательные, с роликовым подом, с шагающими балками. Термические печи, садочные печи периодического действия, проходные печи непрерывного действия. Электрические нагревательные печи.	-	-	2	14	16
9	Плавильные печи	Технология и расчёт процесса плавления, температура плавления, расчёт продолжительности плавки. Топливные плавильные печи, доменная печь, вагранка, конвертор, мартеновская печь,	1	1	-	15	17

		отражательная печь, циклонная печь. Электрические плавильные печи, дуговые печи, вакуумные дуговые печи, электрошлаковые печи, индукционные печи.					
10	Рациональное топливоиспользование в ВТУ	Основные направления рационального энерго- и теплоиспользования, основы безотходных и энергосберегающих методов организации технологических процессов. Регенеративный подогрев компонентов горения, экономия топлива, повышение температуры горения, классификация подогревателей компонентов горения. Рекуперативные теплообменные аппараты, тепловой и гидравлический расчёт, рекуператор из гладких стальных труб, игольчатый рекуператор, радиационные рекуператоры, керамические рекуператоры.	1	1	-	15	17
Итого			8	8	6	149	171

5.2 Перечень лабораторных работ

Лабораторная работа № 1. Исследование гидродинамики установки с псевдооживленным слоем.

Лабораторная работа № 2. Исследование внешнего теплообмена в электрической муфельной печи.

Лабораторная работа № 3. Исследование нестационарного температурного поля в бесконечной пластине.

Лабораторная работа № 4. Тепловой баланс электрической муфельной печи.

6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины предусматривает выполнение курсового проекта в 6 семестре для очной формы обучения, в 8 семестре для заочной формы обучения.

Примерная тематика курсового проекта: «Тепловой расчёт нагревательных печей непрерывного действия».

Задачи, решаемые при выполнении курсового проекта:

- расчёт горения топлива, тепловой и материальный балансы;
- расчёт внешнего теплообмена и определение продолжительности нагрева, определение основных резервов рабочего пространства и расхода топлива;
- разработка мероприятий по рационализации топливоиспользования и расчёт теплотехнической установки (воздухоподогреватель, КУ).

Курсовой проект состоит из расчётно-пояснительной записки объёмом 35-40 страниц рукописного текста и двух листов чертежей формата А3.

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

- «аттестован»;
- «не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ОПК-2	знать основные закономерности и тенденции развития технических объектов; основные положения современных методов конструирования и проектирования технических объектов; инновационные пути повышения качества проектных работ и показатели высокотемпературных теплотехнологий и отдельных процессов; состав и разделы рабочего проекта высокотемпературных теплотехнологий; состав и назначение основных компонент систем автоматизированного проектирования	Активная работа на практических занятиях, отвечает на теоретические вопросы при защите курсового проекта	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь принимать технические решения при проектировании теплоэнергетических объектов; выполнять чертежи технических объектов и систем с использованием компьютерной графики; проводить численные расчеты с помощью специализированных программных продуктов в области нагрева и охлаждения	Решение стандартных практических задач, написание курсового проекта, работа в средах 2D-проектирования	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть навыками работы с выбором оборудования и схем, применяемыми в сфере теплоэнергетики; навыками применения высокотемпературных теплотехнологий	Решение прикладных задач в конкретной предметной области, выполнение плана работ по разработке курсового проекта	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ПК-2	знать методы информационного и технического обеспечения	Активная работа на практических занятиях, отвечает на теоретические	Выполнение работ в срок, предусмотренный в	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в

	систем автоматизированного проектирования энергетических объектов	вопросы при защите курсового проекта	рабочих программах	рабочих программах
	уметь разрабатывать и оформлять проектную документацию для высокотемпературных теплотехнологий машиностроительных и автотракторных заводов Российской Федерации	Решение стандартных практических задач, написание курсового проекта, работа в средах 2D-проектирования	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть навыками конструирования и проектирования теплотехнических систем и установок	Решение прикладных задач в конкретной предметной области, выполнение плана работ по разработке курсового проекта	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ПК-4	знать методики экспериментального исследования теплотехнических систем и установок	Активная работа на практических занятиях, отвечает на теоретические вопросы при защите курсового проекта	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь проводить экспериментального исследования и обрабатывать его результаты	Решение стандартных практических задач, написание курсового проекта, работа в средах 2D-проектирования	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть навыками анализа данных, полученных с помощью физического или вычислительного эксперимента	Решение прикладных задач в конкретной предметной области, выполнение плана работ по разработке курсового проекта	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 6 семестре для очной формы обучения, 8 семестре для заочной формы обучения по четырехбалльной системе:

- «отлично»;
- «хорошо»;
- «удовлетворительно»;
- «неудовлетворительно».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неудовл.
ОПК-2	знать основные закономерности и тенденции развития технических объектов; основные положения современных методов конструирования и проектирования технических объектов; инновационные пути повышения качества проектных работ и	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70- 80%	В тесте менее 70% правильных ответов

	показателей высоко-температурных теплотехнологий и отдельных процессов; состав и разделы рабочего проекта высоко-температурных теплотехнологий; состав и назначение основных компонент систем автоматизированного проектирования					
	уметь принимать технические решения при проектировании теплоэнергетических объектов; выполнять чертежи технических объектов и систем с использованием компьютерной графики; проводить численные расчеты с помощью специализированных программных продуктов в области нагрева и охлаждения	Тест Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Выполнение теста на 90-100% Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Выполнение теста на 80-90% Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Выполнение теста на 70- 80% Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	В тесте менее 70% правильных ответов Задачи не решены
	владеть навыками работы с выбором оборудования и схем, применяемыми в сфере теплоэнергетики; навыками применения высоко-температурных теплотехнологий	Тест Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Выполнение теста на 90-100% Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Выполнение теста на 80-90% Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Выполнение теста на 70- 80% Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	В тесте менее 70% правильных ответов Задачи не решены
ПК-2	знать методы информационного и технического обеспечения систем автоматизированного проектирования энергетических объектов	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70- 80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	уметь разрабатывать и оформлять проектную документацию для высоко-температурных теплотехнологий	Тест Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Выполнение теста на 90-100% Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Выполнение теста на 80-90% Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный	Выполнение теста на 70- 80% Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	В тесте менее 70% правильных ответов Задачи не решены

	машино-строительных и автотракторных заводов Российской Федерации			ответ во всех задачах		
	владеть навыками конструирования и проектирования теплотехнических систем и установок	Тест Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Выполнение теста на 90-100% Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Выполнение теста на 80-90% Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Выполнение теста на 70-80% Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	В тесте менее 70% правильных ответов Задачи не решены
ПК-4	знать методики экспериментального исследования теплотехнических систем и установок	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	уметь проводить экспериментального исследования и обрабатывать его результаты	Тест Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Выполнение теста на 90-100% Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Выполнение теста на 80-90% Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Выполнение теста на 70-80% Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	В тесте менее 70% правильных ответов Задачи не решены
	владеть навыками анализа данных, полученных с помощью физического или вычислительного эксперимента	Тест Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Выполнение теста на 90-100% Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Выполнение теста на 80-90% Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Выполнение теста на 70-80% Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	В тесте менее 70% правильных ответов Задачи не решены

7.2 Примерный перечень оценочных средств (типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

1. Как изменится осевая скорость потока в пределах начального участка свободной затопленной струи?

1. Возрастает.
2. Уменьшается.
3. Не изменяется.
4. Это зависит от сечения струи.
5. Это зависит от вида теплоносителя.

2. Как изменяется осевая скорость потока в пределах основного участка свободной затопленной струи?

1. Возрастает.
2. Уменьшается.
3. Не изменяется.

4. Это зависит от сечения струи.
5. Это зависит от вида теплоносителя.

3. Что обеспечивает более равномерное температурное поле в рабочем пространстве печи?

1. Применение большего числа горелок меньшего диаметра устья.
2. Применение меньшего числа горелок большего диаметра устья.
3. Применение горелок типа "труба в трубе".
4. Применение температурных горелок.
5. Применение плоскопламенных горелок.

4. Что произойдёт со слоем дисперсного материала, если скорость теплоносителя станет равной первой критической скорости псевдоожижения?

1. Материал будет находится в плотном слое.
2. Материал будет находится в псевдоожиженном слое.
3. Материал будет находится во взвешенном слое.
4. Это зависит от вида материала.
5. Это зависит от вида теплоносителя.

5. Что произойдёт со слоем дисперсного материала, если скорость теплоносителя станет равной второй критической скорости псевдоожижения?

1. Материал будет находится в плотном слое.
2. Материал будет находится в псевдоожиженном слое.
3. Материал будет находится во взвешенном слое.
4. Это зависит от вида материала.
5. Это зависит от вида теплоносителя.

6. На каком уровне проходит плоскость ± 0 в рабочем пространстве печи?

1. На уровне свода.
2. На уровне пола.
3. На уровне борова печи.
4. На уровне открытого технологического окна.
5. На уровне зарытого шибер.

7. Как изменятся потери давления теплоносителя, если его скорость возрастает в 2 раза?

1. Не изменятся.
2. Уменьшатся в 2 раза.
3. Возрастут в 2 раза.
4. Возрастут в 4 раза.
5. Возрастут в 6 раз.

8. От чего зависит величина естественной тяги, создаваемой дымовой трубой?

1. От плотности атмосферы воздуха.
2. От плотности теплоносителя.
3. От высоты дымовой трубы.
4. От диаметра дымовой трубы.
5. От всех этих факторов.

9. Какой из перечисленных параметров теплоносителя оказывает наибольшее влияние на интенсивность лучистого теплообмена?

1. Эффективная толщина слоя теплоносителя.
2. Температура теплоносителя.
3. Состав теплоносителя.
4. Теплофизические свойства теплоносителя.
5. Действие всех параметров равнозначно.

10. От чего зависит степень черноты газообразного теплоносителя?

1. От его температуры.
2. От концентрации 3-х атомных газов.
3. От концентрации водяных паров.
4. От эффективной толщины слоя теплоносителя.
5. От всех этих параметров.

7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

Не предусмотрено учебным планом.

7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

Задача 1. Определить наименьшее значение сгорания теплоносителя в рабочем пространстве печи, если:

- ширина рабочего прогрева 10 м;
- высота рабочего прогрева 2 м;
- теплоноситель – продукт сгорания топлива с температурой 1000 °С.

Задача 2. Определить расстояние от устья горелки типа «труба в трубе», осевая скорость теплоносителя будет равна 10 м/с, если:

- диаметр носика горелки 0,07 м;
- скорость истечения газозооужной смеси из носика горелки 25 м/с.

Задача 3. Для слоя частиц хромита с эквивалентным диаметром $d_3=0,58$ мм и плотностью $\rho_m=3600$ кг/м³ и порозностью $\varepsilon_0=0,58$, определить критические скорости псевдоожужения, если ожужения газом служат продукты сгорания топлива с температурой 1150 °С. Определить порозность псевдоожуженного слоя таких частиц, если скорость ожужения газа равна $\omega=3,8 \cdot \omega'_{кр}$.

Задача 4. Применительно к условию задачи 1.1 потери давления на трение, если длина рабочего пространства печи составляет 50 метров.

Задача 5. Применительно к условию задачи 1.4 определить потери на трение, если скорость движения возрастёт до 3 м/с, а стены, свод и под печи выполнены из огнеупорного кирпича.

Задача 6. Применительно к условию задачи 1.5 определить потери давления теплоносителя при входе в дымоход (боров), если его площадь составляет $3,6 \text{ м}^2$.

Задача 7. Применительно к условию задачи 1.3 определить гидравлическое сопротивление слоя частиц, если скорость теплоносителя $0,2 \text{ м/с}$, а высота слоя $H_0=0,5 \text{ м}$.

Задача 8. Применительно к условию задачи 1.3 определить гидравлическое сопротивление и высоту псевдоожиженного слоя, если его насыпная высота $H_0=0,5 \text{ м}$.

Задача 9. Определить высоту разряжения, создаваемого дымовой трубой высотой 20 м , если теплоноситель имеет температуру 1000°C .

Задача 10. Произвести расчёт высоты и диаметров дымовой трубы, установленной за трехзонной методической печью, если:

- $h_{\text{п}} l_a^6=200 \text{ Па}$, скорость в устье $\omega_{\text{в}}=3 \text{ м/с}$;
- температура газов $t_{\text{г}}=300^\circ\text{C}$, расход газов $V_{\text{г}}=5 \text{ м}^3/\text{с}$.

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачёту

Не предусмотрено учебным планом.

7.2.5 Примерный перечень заданий для подготовки к экзамену

1. Принципиальная схема ВТУ.
2. Тепловые схемы ВТУ.
3. Уравнение Бернулли. Статика рабочего пространства ВТУ.
4. Характер движения теплоносителей в камерах ВТУ.
5. Аэродинамика слоевых установок.
6. Сопротивления движению теплоносителей в камерах ВТУ.
7. Расчёт дымовой трубы и выбор дымососа.
8. Прямой радиационный теплообмен в камерах ВТУ.
9. Косвенный радиационный теплообмен в камерах ВТУ.
10. Внешний теплообмен в слоевых ВТУ.
11. Конвективный теплообмен в камерах ВТУ.
12. Расчёт внутреннего теплообмена. Математическая формулировка задачи и её решения на примере бесконечной пластины.
13. Расчёт нагрева тонких тел.
14. Расчёт нагрева массивных тел.
15. Тепловой и материальный балансы ВТУ.
16. Классификация огнеупорных материалов и их физико-механические свойства.
17. Основные виды огнеупорных материалов.
18. Неформированные огнеупорные материалы.
19. Теплоизоляционные материалы.
20. Технология и расчёт процесса нагрева металла.
21. Регенеративные нагревательные колодцы.
22. Рекуперативные нагревательные колодцы.
23. Методические нагревательные печи.

24. Термические печи.
25. Электрические нагревательные печи.
26. Технология и расчёт процесса нагревания материалов.
27. Топливные плавильные печи шахтного типа.
28. Топливные плавильные печи пламенного типа.
29. Конверторы.
30. Электродуговые плавильные печи.
31. Индукционные плавильные печи.
32. Рекуперативные ПКГ конвективного типа.
33. Рекуперативные ПКГ радиационного типа.
34. Регенеративные ПКГ.
35. Классификация и использование ВЭР.
36. Считка промышленных газов.

7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

Экзамен проводится по билетам, каждый из которых содержит 2 вопроса и задачу. Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 1 баллом, задача оценивается в 1 балл.

1. Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент не решил задачу и не ответил на вопросы.

2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент ответил на один вопрос или решил задачу.

3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент ответил на один вопрос и решил задачу.

4. Оценка «Отлично» ставится, если студент ответил на вопросы и решил задачу.

7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Введение	ОПК-2, ПК-2, ПК- 4	Тест, экзамен, курсовой проект, решение задач
2	Аэродинамические условия в рабочих камерах ВТУ	ОПК-2, ПК-2, ПК- 4	Тест, экзамен, курсовой проект, защита лабораторных работ, решение задач
3	Внешний теплообмен	ОПК-2, ПК-2, ПК- 4	Тест, экзамен, курсовой проект, защита лабораторных работ, решение задач
4	Внутренний теплообмен	ОПК-2, ПК-2, ПК- 4	Тест, экзамен, курсовой проект, защита лабораторных работ, решение задач
5	Тепловой и материальный	ОПК-2, ПК-2, ПК- 4	Тест, экзамен, курсовой

	балансы ВТУ		проект, решение задач
6	Особенности сжигания топлива в ВТУ	ОПК-2, ПК-2, ПК- 4	Тест, экзамен, курсовой проект, решение задач
7	Огнеупорные, теплоизоляционные и строительные материалы	ОПК-2, ПК-2, ПК- 4	Тест, экзамен, курсовой проект, решение задач
8	Печи для нагрева металлов	ОПК-2, ПК-2, ПК- 4	Тест, экзамен, курсовой проект, решение задач
9	Плавильные печи	ОПК-2, ПК-2, ПК- 4	Тест, экзамен, курсовой проект, решение задач
10	Рационализация топливоиспользования в ВТУ	ОПК-2, ПК-2, ПК- 4	Тест, экзамен, курсовой проект, защита лабораторных работ, решение задач

7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Защита курсовой работы, курсового проекта или отчёта по всем видам практик осуществляется согласно требованиям, предъявляемым к работе, описанным в методических материалах. Примерное время защиты на одного студента составляет 30 мин.

8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

1. Бараков А.В. Процессы и установки высокотемпературной теплотехнологии : Учеб. Пособие / А.В. Бараков. - Воронеж : ГОУВПО "Воронежский государственный технический университет", 2010. - 120 с.

2. Троянkin Ю.В. Проектирование и эксплуатация высокотемпературных технологических установок : учеб. пособие / Ю.В. Троянkin. - М. : Изд-во МЭИ, 2002. - 324 с. : ил. - ISBN 5-7046-0773-X : 263-00

3. Бараков А.В. Тепловой расчет нагревательных печей непрерывного действия : учеб. пособие / А.В. Бараков. - Воронеж : ВГТУ, 2005. - 112 с.

4. Бараков А.В. Основы практической теории горения : Учеб. пособие /

А.В. Бараков. - Воронеж : ГОУВПО "Воронежский государственный технический университет", 2009. - 121 с.

8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

Лицензионное программное обеспечение:

- Windows Professional 8.1 (7 и 8) Single Upgrade MVL A Each Academic (многопользовательская лицензия)
- ABBYY FineReader 9.0
- LibreOffice

Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:

<http://www.edu.ru/>

Образовательный портал ВГТУ

Информационные справочные системы:

<http://window.edu.ru>

<https://wiki.cchgeu.ru/>

Современные профессиональные базы данных:

Сайт теплотехника

Адрес ресурса: <http://teplokot.ru/>

Министерство энергетики

Адрес ресурса: <https://minenergo.gov.ru/>

Чертижи.ru

Адрес ресурса: <https://chertezhi.ru/>

**9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ
ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА**

1. Специализированная лекционная аудитория, оснащённая оборудованием для лекционных демонстраций и проекционной аппаратурой (ауд. 306/3).

2. Дисплейный класс, оснащённый компьютерными программами для проведения лабораторного практикума (ауд. 304/3).

3. Компьютерная лабораторная работа «Исследование нестационарного температурного поля в бесконечной пластине».

4. Мультимедийные лекционные демонстрации: конструкции

нагревательных колодцев; конструкции методических печей; конструкции плавильных печей.

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

По дисциплине «Высокотемпературные теплотехнологические процессы и установки» читаются лекции, проводятся практические занятия и лабораторные работы, выполняется курсовой проект.

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Практические занятия направлены на приобретение практических навыков расчёта высокотемпературных установок. Занятия проводятся путём решения конкретных задач в аудитории.

Лабораторные работы выполняются на лабораторном оборудовании в соответствии с методиками, приведёнными в указаниях к выполнению работ.

Методика выполнения курсового проекта изложена в учебно-методическом пособии. Выполнять этапы курсового проекта должны своевременно и в установленные сроки.

Контроль усвоения материала дисциплины производится проверкой курсового проекта, защитой курсового проекта.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Практическое занятие	Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме, выполнение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму.
Лабораторная работа	Лабораторные работы позволяют научиться применять теоретические знания, полученные на лекции при решении конкретных задач. Чтобы наиболее рационально и полно использовать все возможности лабораторных для подготовки к ним необходимо: следует разобрать лекцию по соответствующей теме, ознакомиться с соответствующим разделом учебника, проработать дополнительную литературу и источники, решить задачи и выполнить другие письменные задания.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоения учебного материала и развитию навыков самообразования.

	Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: - работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций; - выполнение домашних заданий и расчетов; - работа над темами для самостоятельного изучения; - участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад; - подготовка к промежуточной аттестации.
Подготовка к промежуточной аттестации	Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начинаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Интенсивная подготовка к экзамену должна начинаться не позднее, чем за три дня до его проведения. При подготовке к экзамену необходимо ориентироваться на конспекты лекций и рекомендуемую литературу.

Лист регистрации изменений

№ п/п	Перечень вносимых изменений	Дата внесения изменений	Подпись заведующего кафедрой, ответственной за реализацию ОПОП
1.	Актуализирован раздел 8.1. в части перечня учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины и раздел 8.2. в части состава используемого лицензионного программного обеспечения современных профессиональных баз данных и справочных информационных систем	31.08.2018	
2.	Актуализирован раздел 8.1. в части перечня учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины и раздел 8.2. в части состава используемого лицензионного программного обеспечения современных профессиональных баз данных и справочных информационных систем	31.08.2019	
3.	Актуализирован раздел 8.1. в части перечня учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины и раздел 8.2. в части состава используемого лицензионного программного обеспечения современных профессиональных баз данных и справочных информационных систем	31.08.2020	