Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 15.06.2026 17:10:46
Уникальный программный ключ:
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Факультет урбанистики и городского хозяйства

УТВЕРЖДАЮ
Декан _____ /К.И. Лушин/
26 февраля 2026 года

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Высокотемпературные процессы и установки»

Направление подготовки
13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»

Профиль
Интеллектуальные тепловые энергосистемы

Квалификация
Бакалавр

Форма обучения
Очная

Москва, 2026 г.

Разработчик:

Профессор кафедры «Промышленная теплоэнергетика», д.т.н., профессор _____ / С.Д. Корнеев /

Согласовано:

Заведующий кафедрой «Промышленная теплоэнергетика», к.т.н., доцент _____ / Л.А. Марюшин /
И.О. Фамилия

Содержание

1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине 4
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы 5
3. Структура и содержание дисциплины 5
   3.1 Виды учебной работы и трудоемкость 5
   3.2 Тематический план изучения дисциплины 5
   3.3 Содержание дисциплины 6
   3.4 Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий 7
4. Учебно-методическое и информационное обеспечение 7
   4.1 Нормативные документы и ГОСТы 7
   4.2 Основная литература 8
   4.3 Дополнительная литература 8
   4.4 Электронные образовательные ресурсы 9
   4.5 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение 9
   4.6 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы 9
5. Материально-техническое обеспечение 10
6. Методические рекомендации 10
   6.1 Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения 10
   6.2 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины 11
7. Фонд оценочных средств 11
   7.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения 11
   7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения 12
   7.3 Оценочные средства 12

1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

К основным целям освоения дисциплины «Высокотемпературные процессы и установки» следует отнести:

– формирование знаний о современных принципах, методах и средствах проектирования и конструирования промышленных высокотемпературных установок, испытаний и контроля их теплотехнологических параметров;

– изучение способов повышения эффективности эксплуатации, проектирования и конструирования промышленных высокотемпературных установок, выработка навыков у студентов самостоятельно формулировать и решать задачи проектирования и конструирования высокотехнологичных энергетических установок.

– подготовка студентов к деятельности в соответствии с квалификационной характеристикой бакалавра по направлению, в том числе формирование умений по выявлению необходимых усовершенствований и разработке новых, более эффективных методов проектирования и конструирования промышленных высокотемпературных установок.

К основным задачам освоения дисциплины «Высокотемпературные процессы и установки» следует отнести:

– выработать навыки у студентов самостоятельно формулировать задачи контроля и технической диагностики промышленных высокотемпературных установок;

– научить мыслить системно на примерах повышения энергетической эффективности промышленных высокотемпературных установок с учетом технологических, экологических и экономических факторов;

– научить анализировать существующие методы контроля и технической диагностики промышленных высокотемпературных установок, разрабатывать и внедрять необходимые изменения в их конструкции с позиций повышения эффективности и энергосбережения;

– дать информацию о новых методах контроля и технической диагностики промышленных высокотемпературных установок в отечественной и зарубежной практике, развивать способности объективно оценивать преимущества и недостатки таких методов, как отечественных, так и зарубежных;

– научить анализировать результаты проектирования и расчета промышленных высокотемпературных установок, производить поиск оптимизационного решения с помощью всевозможных методов.

Обучение по дисциплине «Высокотемпературные процессы и установки» направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций:

Код и наименование компетенций	Индикаторы достижения компетенции
ПК-2. Способность управлять процессами эксплуатации ОПД в соответствии с технологией производства	ИПК-2.1. Участвует в разработке схем размещения ОПД в соответствии с технологией производства ИПК-2.2. Соблюдает правила технологической дисциплины при проведении профилактических осмотров и текущего ремонта
ПК-3. Способность к выполнению расчетов и построению схем ОПД с использованием современных программных средств	ИПК-3.1. Участвует в разработке схем размещения ОПД в соответствии с технологией производства ИПК-3.2. Соблюдает правила технологической дисциплины при эксплуатации ОПД ИПК-3.3. Выполняет тепловые и гидравлические расчеты технологических систем, процессов и оборудования

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений блока Б1.

«Высокотемпературные процессы и установки» взаимосвязаны логически и содержательно-методически со следующими дисциплинами и практиками ООП:

– Тепловые и атомные электростанции;
– Котельные установки и парогенераторы.
– Теплоэнергетические системы промышленных предприятий;
– Энергетический комплекс промышленных предприятий;
– Эксплуатация теплоэнергетических установок и систем.

3. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет **3** зачетные единицы (**108** часов).

3.1 Виды учебной работы и трудоемкость

3.1.1. Очная форма обучения

№ п/п	Вид учебной работы	Количество часов	Семестры
			7 семестр
1	**Аудиторные занятия**	**72**	**72**
	В том числе:		
1.1	Лекции	36	36
1.2	Семинарские/практические занятия	36	36
1.3	Лабораторные занятия	-	-
2	**Самостоятельная работа**	**36**	**36**
	В том числе:		
2.1	Тестирование	8	8
2.2	Самостоятельное изучение	28	28
3	**Промежуточная аттестация**		
	Зачет/диф.зачет/экзамен	**зачет**	**зачет**
	Итого	**108**	**108**

3.2 Тематический план изучения дисциплины

3.2.1. Очная форма обучения

№ п/п	Разделы/темы дисциплины	Трудоемкость, час					
		Всего	Аудиторная работа				Самостоятельная работа
			Лекции	Семинарские/ практические занятия	Лабораторные занятия	Практическая подготовка	
1	Раздел 1. Введение.	3	2				1
2	Раздел 2. Камерные и проходные печи.	15	5	5			5

3	Раздел 3 Расчет и конструирование нагревательных элементов.	15	4	6			5
4	Раздел 4. Типовые конструкции камерных и проходных печей.	15	5	5			5
5	Раздел 5. Особенности тепловой работы печей, основы их расчета.	15	5	5			5
6	Раздел 6. Руднотермические печи.	15	5	5			5
7	Раздел 7. Вращающиеся печи для производства строительных материалов.	15	5	5			5
8	Раздел 8. Общие принципы работы и классификация плазмохимических реакторов.	15	5	5			5
	Итого	**108**	**36**	**36**			**36**

3.3 Содержание дисциплины

Раздел 1. Введение.

Предмет, задачи и содержание дисциплины. Роль высокотемпературных установок в повышении эффективности работы теплоэнергетического комплекса РФ. Основные термины и определения. Классификация промышленного высокотемпературного оборудования. Высокотемпературные химические реакторы (печи и плазмохимические реакторы).

Раздел 2. Камерные и проходные печи.

Тепловой расчет электрических печей сопротивления. Определение установленной мощности. Расчет полезной мощности. Расчет тепловых потерь. Режимы работы печи. Режим нагрева. Разогрев теплотехнически «тонкой» загрузки. Время разогрева ЭПС. Разогрев теплотехнически «массивной» загрузки. Режим охлаждения загрузки. Режим изотермической выдержки. Рекомендации по выбору футеровочных материалов.

Раздел 3. Расчет и конструирование нагревательных элементов.

Рекомендации по выбору материала и конструированию нагревателей. Рекомендации по конструированию металлических нагревателей. Карборундовые электронагреватели (КЭН). Дисилицид молибдена (ДМ). Нагреватели из тугоплавких металлов. Определение допустимой удельной поверхностной мощности нагревателя. Расчет размеров нагревателей. Определение ориентировочного срока службы нагревателей. Порядок расчета нагревателей.

Раздел 4. Типовые конструкции камерных и проходных печей.

Камерные печи. Проходные печи. Топливосжигающие устройства.

Раздел 5. Особенности тепловой работы печей, основы их расчета.

Температура горения. Коэффициент использования тепла топлива. Расчет горения природного газа. Расчет горения мазута. Теплопередача в печах. Излучение. Теплопроводность. Выбор топливосжигающих устройств.

Раздел 6. Руднотермические печи.

Печи для производства карбида кальция. Печи для производства желтого фосфора. Печи для выплавки электрокорунда. Выбор рабочих токов, напряжений и геометрических размеров ванн руднотермических печей. Печи для производства карбида кремния. Печи графитации. О режимах работы руднотермических печей.

Раздел 7. Вращающиеся печи для производства строительных материалов.

Типовые конструкции вращающихся печей. Теплообменные устройства печей мокрого способа производства. Встроенные теплообменники. Теплообменники печей. Теплообменники и вращающиеся печи для огнеупоров сухого способа производства. Холодильники вращающихся печей. Планетарные и рекуператорные холодильники. Колосниковые холодильники. Холодильниики печей для производства огнеупоров. Печи

кипящего слоя и циклонные печи. Принципы расчета при проектировании вращающихся печей. Материальный баланс. Тепловой баланс. Определение конструктивных параметров вращающихся печей мокрого способа производства. Методика расчета Е.И. Ходорова. Определение конструктивных параметров вращающейся печи с циклонными теплообменниками. Принципы расчета циклонных теплообменников и декарбонизаторов. Принципы расчета вращающихся печей для производства извести и керамзита.

Раздел 8. Общие принципы работы и классификация плазмохимических реакторов.

Струйные реакторы с электродуговыми плазмотронами. Струйные реакторы с ВЧ-плазмотронами. Объемные реакторы. Расчет исходных данных для проектирования плазмохимического реактора.

3.4 Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий

3.4.1. Семинарские/практические занятия

Семинарское занятие 1. «Введение».

Семинарское занятие 2. «Камерные и проходные печи».

Семинарское занятие 3. «Расчет и конструирование нагревательных элементов».

Семинарское занятие 4. «Типовые конструкции камерных и проходных печей».

Семинарское занятие 5. «Особенности тепловой работы печей, основы их расчета».

Семинарское занятие 6. «Руднотермические печи».

Семинарское занятие 7. «Вращающиеся печи для производства строительных материалов вия».

Семинарское занятие 8. «Общие принципы работы и классификация плазмохимических реакторов».

4. Учебно-методическое и информационное обеспечение

4.1 Нормативные документы и ГОСТы

1. ГОСТ 34518-2019. Печи промышленные и агрегаты тепловые. Правила организации и производства работ, контроль выполнения и требования к результатам работ.

2. ГОСТ 2.745-68. Единая система конструкторской документации. Обозначения условные графические в схемах. Электронагреватели, устройства и установки электротермические.

3. ГОСТ 4.153-85. Система показателей качества продукции. Оборудование электротермическое. Номенклатура показателей.

4. ГОСТ 12.2.007.9-93. Безопасность электротермического оборудования. Часть 1. Общие требования.

5. ГОСТ 12.2.007.9.8-89. Система стандартов безопасности труда. Оборудование электротермическое. Печи электрошлакового переплава. Требования безопасности.

6. ГОСТ 12.2.007.9.1-95. Безопасность электротермического оборудования. Часть 3. Частные требования к электротермическим устройствам индукционного и прямого нагрева сопротивлением и индукционным электропечам.

7. ГОСТ 12.2.007.10-87. Система стандартов безопасности труда. Установки, генераторы и нагреватели индукционные для электротермии, установки и генераторы ультразвуковые. Требования безопасности.

8. ГОСТ 21139-87. Генераторы и установки высокочастотные промышленные для индукционного и диэлектрического нагрева. Общие технические условия.

9. ГОСТ 27209.1-89. Оборудование электротермическое. Печи электрошлакового переплава. Методы испытаний.

10. ГОСТ 27209.3-90. Оборудование электротермическое. Электропечи дуговые рудно-термические. Методы испытаний.

11. ГОСТ 27209.2-90. Оборудование электротермическое. Электропечи дуговые прямого нагрева. Методы испытаний.

12. ГОСТ 27209.3-90. Оборудование электротермическое. Электропечи дуговые рудно-термические. Методы испытаний.

13. ГОСТ 27209.5-91. Оборудование электротермическое. Электропечи плазменные. Методы испытаний.

14. ГОСТ 27209.4-91. Оборудование электротермическое. Электропечи электронно-лучевые. Методы испытаний.

15. ГОСТ 27729-88. Печи дуговые сталеплавильные. Нормативы расхода энергии.

4.2 Основная литература

1. Макаров, А.Н. Теплообмен в электродуговых и факельных металлургических печах, и энергетических установках [Электронный ресурс]: учеб. пособие — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: Лань, 2014. — 384 с.

2. Теплофизика, теплотехника, теплообмен. Тепломассоперенос. Топливо и огнеупоры. Тепловая работа печей. Лабораторный практикум [Электронный ресурс]: учеб. пособие / В.А. Арутюнов [и др.]. — Электрон. дан. — Москва: МИСИС, 2007. — 136 с.

3. Байрашевский Б.А. Основы рациональной утилизации теплоты с поверхностей промышленных печей. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. Энергетика- 2011. №1

4. Основное оборудование АЭС [Электронный ресурс]: учеб. пособие — Электрон. дан. — Минск: "Вышэйшая школа", 2015. — 288 с.

5. Дзюзер В.Я. Теплотехника и тепловая работа печей: Учебное пособие [Электронный ресурс]: учеб. пособие — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: Лань, 2017. — 384 с.

4.3 Дополнительная литература

1. Филимонов, Ю.П. Теплофизика, автоматизация и экология промышленных печей. Методические указания [Электронный ресурс] : метод. указ. / Ю.П. Филимонов, К.С. Шатохин, С.Н. Шибалов. — Электрон. дан. — Москва: МИСИС, 2006. — 27 с.

2. Якубенко И.А. Технологические процессы производства тепловой и электрической энергии на АЭС: учебное пособие для вузов [Электронный ресурс]: учеб. пособие / И.А. Якубенко, М.Э. Пинчук. — Электрон. дан. — Москва: НИЯУ МИФИ, 2013. — 288 с.

3. Васильченко Ю.В. (ред.) Теплогенерирующие установки (часть 1). Учебное пособие. – Белгород, Изд-во БГТУ им. Шухова, 2008. — 162 с.

4. Васильченко Ю.В. (ред.) Теплогенерирующие установки (часть 2). Учебное пособие. – Белгород, Изд-во БГТУ им. Шухова, 2008. – 148 с.

5. Жихар Г.И. Котельные установки ТЭС: теплотехнические расчеты: учебное пособие [Электронный ресурс]: учеб. пособие — Электрон. дан. — Минск: "Вышэйшая школа", 2017. — 224 с.

6. Журавлев А.А. Расчеты материальных и энергетических балансов при выплавке стали в дуговых сталеплавильных печах: учебно-методическое пособие [Электронный ресурс] / А.А. Журавлев, В.Ф. Мысик, А.В. Жданов. — Электрон. дан. — Екатеринбург: УрФУ, 2016. — 128 с.

7. Устройство и проектирование доменных печей: учебное пособие [Электронный ресурс] / Л.И. Каплун [и др.]. — Электрон. дан. — Екатеринбург: УрФУ, 2016. — 219 с..

4.4 Электронные образовательные ресурсы

Проведение занятий и аттестаций возможно в дистанционном формате с применением системы дистанционного обучения университета (СДО-LMS) на основе разработанных кафедрой электронных образовательных ресурсов (ЭОР) по всем разделам программы:

Название ЭОР	
Энергоустановки высоких параметров	https://online.mospolytech.ru/local/crw/course.php?id=11993

Разработанный ЭОР включают промежуточный и итоговый тесты.

Порядок проведения работ в дистанционном формате устанавливается отдельными распоряжениями проректора по учебной работе и/или центром учебно-методической работы.

Каждый студент обеспечен индивидуальным неограниченным доступом к электронным библиотекам университета (http://lib.mami.ru/lib/content/elektronnyy-katalog).

Ссылка на электронную библиотеку:

https://online.mospolytech.ru/course/view.php?id=7621&section=1

Полезные учебно-методические и информационные материалы представлены на сайтах:

http://window.edu.ru/catalog/resources?p_nr=50&p_rubr=2.2.75.27.7&p_page=3

http://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-laboratornoy-ustanovki-po-spetsialnosti-promyshlennaya-teploenergetika

4.5 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

1. МойОфис – российская компания-разработчик безопасных офисных решений для общения и совместной работы с документами (Альтернатива MS Office) https://myoffice.ru/
2. Платформа nanoCAD – это российская платформа для проектирования и моделирования объектов различной сложности. Поддержка форматов *.dwg и IFC делает ее отличным решением для совмещения САПР- и BIM-технологий. Функционал платформы может быть расширен с помощью специальных модулей https://www.nanocad.ru/support/education/
3. Система трехмерного моделирования «КОМПАС-3D» https://edu.ascon.ru/main/download/freeware/
4. VALTEC.PRG.3.1.3. Программа для теплотехнических и гидравлических расчетов https://valtec.ru/document/calculate/
5. Онлайн расчеты АВОК-СОФТ https://soft.abok.ru/help_desk/

4.6 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. Российская национальная библиотека http://www.nlr.ru
2. ЭБС «Университетская библиотека онлайн» https://biblioclub.ru/index.php
3. Научная электронная библиотека http://www.elibrary.ru
4. Российская государственная библиотека http://www.rsl.ru
5. Образовательная платформа ЮРАЙТ http://www.urait.ru
6. «Техэксперт» – справочная система, предоставляющая нормативно-техническую, нормативно-правовую информацию https://техэксперт.сайт/

7. НП «АВОК» – помощник инженера по отоплению, вентиляции, кондиционированию воздуха, теплоснабжению и строительной теплофизике https://www.abok.ru/

8. Е-ДОСЬЕ – Электронный эколог. Независимая информация о российских организациях, база нормативных документов и законодательных актов https://e-ecolog.ru/

9. Инженерная сантехника VALTEC (каталог продукции и нормативная документация) https://valtec.ru/

5. Материально-техническое обеспечение

Для проведения лекционных занятий используются аудитории, оснащенные компьютерами, интерактивными досками, мультимедийными проекторами и экранами: АВ2404, АВ2415 и аудитории общего фонда. Для проведения семинарских и лабораторных работ используются аудитории: АВ2406, АВ1101 и аудитории корпуса УРБАН.ТЕХНОГРАД Инновационно-образовательного комплекса «Техноград», который расположен на территории ВДНХ.

6. Методические рекомендации

6.1 Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения

6.1.1 Преподаватель организует преподавание дисциплины в соответствии с требованиями «Положения об организации образовательного процесса в Московском политехническом университете и его филиалах», утверждённым ректором университета.

6.1.2 На первом занятии преподаватель доводит до сведения студентов содержание рабочей программы дисциплины (РПД).

6.1.3 Преподаватель особенно обращает внимание студентов на:

- виды и формы проведения занятий по дисциплине, включая порядок проведения занятий с применением технологий дистанционного обучения и системы дистанционного обучения университета (СДО Московского Политеха);
- виды, содержание и порядок проведения текущего контроля успеваемости в соответствии с фондом оценочных средств;
- форму, содержание и порядок проведения промежуточной аттестации в соответствии с фондом оценочных средств, предусмотренным РПД.

6.1.4 Преподаватель доводит до сведения студентов график выполнения учебных работ, предусмотренных РПД.

6.1.5 Преподаватель рекомендует студентам основную и дополнительную литературу.

6.1.6 Преподаватель предоставляет перед промежуточной аттестацией (экзаменом или зачётом) список вопросов для подготовки.

6.1.7 Преподаватели, которые проводят лекционные и практические (семинарские) занятия, согласуют тематический план практических занятий, чтобы использовать единую систему обозначений, терминов, основных понятий дисциплины.

6.1.8 При подготовке к семинарскому занятию по перечню объявленных тем преподавателю необходимо уточнить план их проведения, согласно РПД, продумать формулировки и содержание учебных вопросов, выносимых на обсуждение, ознакомиться с перечнем вопросов по теме семинара.

В ходе семинара во вступительном слове раскрыть практическую значимость темы семинарского занятия, определить порядок его проведения, время на обсуждение каждого учебного вопроса. Использовать фронтальный опрос давая возможность выступить всем студентам, присутствующим на занятии.

В заключительной части семинарского занятия следует подвести итоги: дать оценку выступлений каждого студента и учебной группы в целом. Раскрыть положительные стороны и недостатки проведенного семинарского занятия. Ответить на вопросы студентов. Выдать задания для самостоятельной работы по подготовке к следующему занятию.

6.1.9 Целесообразно в ходе защиты рефератов, лабораторных работ, курсовых работ и проектов задавать выступающим и аудитории дополнительные и уточняющие вопросы с целью выяснения их позиций по существу обсуждаемых проблем.

Возможно проведение занятий и аттестаций в дистанционном формате с применением системы дистанционного обучения университета (СДО Московского Политеха).

6.1.10 Порядок проведения работ в дистанционном формате устанавливается отдельными распоряжениями проректора по учебной работе и/или центром учебно-методической работы.

6.2 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

6.2.1 Студенту необходимо составить для себя график выполнения учебных работ, предусмотренных РПД с учётом требований других дисциплин, изучаемых в текущем семестре.

6.2.2 При проведении занятий и процедур текущей и промежуточной аттестации с использованием инструментов информационной образовательной среды дистанционного образования университета (СДО Московского Политеха), как во время контактной работы с преподавателем, так и во время самостоятельной работы студент должен обеспечить техническую возможность дистанционного подключения к системам дистанционного обучения. При отсутствии такой возможности обсудить ситуацию с преподавателем дисциплины.

6.2.3 К промежуточной аттестации допускаются только обучающиеся, выполнившие все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой дисциплины (РПД).

7. Фонд оценочных средств

7.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения

Контроль успеваемости и качества подготовки проводится в соответствии с требованиями "Положения об организации образовательного процесса в Московском политехническом университете".

Для контроля успеваемости и качества освоения дисциплины настоящей программой предусмотрены следующие виды контроля:

– контроль текущей успеваемости (текущий контроль);

– промежуточная аттестация.

В процессе обучения используются следующие оценочные формы самостоятельной работы студентов, оценочные средства текущего контроля успеваемости и промежуточных аттестаций: тест, зачет.

Оценочные средства текущего контроля успеваемости включают контрольные вопросы и задания в форме бланкового тестирования, для контроля освоения обучающимися разделов дисциплины – решение задач.

Образцы тестовых заданий, контрольных вопросов и заданий для проведения текущего контроля, вопросов для зачета, приведены в приложении.

7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения

Показателем оценивания компетенций на различных этапах их формирования является достижение обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю).

Форма промежуточной аттестации: экзамен.

Промежуточная аттестация обучающихся в форме зачета проводится по результатам выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных учебным планом по данной дисциплине (модулю), при этом учитываются результаты текущего контроля успеваемости в течение семестра. Оценка степени достижения обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю) проводится преподавателем, ведущим занятия по дисциплине (модулю) методом экспертной оценки. По итогам промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) выставляется оценка «зачтено», «не зачтено».

К промежуточной аттестации допускаются только студенты, выполнившие все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой по дисциплине «Высокотемпературные процессы и установки».

Шкала оценивания	Описание
Зачтено	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные РПД. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
Не зачтено	Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных РПД. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

Фонды оценочных средств представлены в приложении к рабочей программе.

7.3 Оценочные средства

7.3.1. Текущий контроль

Для проведения текущего контроля применяются следующие формы: разноуровневые задачи и задания; устный опрос, собеседование; тест.

7.3.2. Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация проводится на соответствующих формам обучения семестрах в форме зачета.

Зачет проводится по билетам, ответы предоставляются письменно с последующим устным собеседованием. Билеты формируются из вопросов представленного ниже перечня. В билет включается один вопрос из разных разделов дисциплины и одно практическое задание.

Перечень вопросов соответствует темам, изученным на лекционных и семинарских занятиях (прилагается). Время на подготовку письменных ответов – до 20 мин, устное собеседование – до 10 минут.

Приложение

Список вопросов для подготовки к зачету

1. Камерные и проходные печи.
2. Тепловой расчет электрических печей сопротивления.
3. Определение установленной мощности ЭПС.
4. Расчет полезной мощност ЭПСи.
5. Расчет тепловых потерь ЭПС.
6. Режимы работы печи.
7. Разогрев теплотехнически «массивной» загрузки.
8. Разогрев теплотехнически «тонкой» загрузки.
9. Расчет и конструирование нагревательных элементов.
10. Рекомендации по конструированию металлических нагревателей.
11. Нагреватели из тугоплавких металлов для ЭПС.
12. Определение допустимой удельной поверхностной мощности нагревателя.
13. Порядок расчета нагревателей ЭПС.
14. Типовые конструкции камерных и проходных печей.
15. Камерные печи.
16. Проходные печи.
17. Топливосжигающие устройства.
18. Особенности тепловой работы печей, основы их расчета.
19. Температура горения.
20. Коэффициент использования тепла топлива.
21. Расчет горения природного газа.
22. Расчет горения мазута.
23. Теплопередача в печах. Конвекция.
24. Излучение. Передача тепла излучением в печах.
25. Теплопроводность. Передача тепла теплопроводностью в печах.
26. Выбор топливосжигающих устройств.
27. Руднотермические печи.
28. Печи для производства карбида кальция.
29. Печи для производства желтого фосфора.
30. Печи для выплавки электрокорунда.
31. Выбор рабочих токов, напряжений и геометрических размеров ванн руднотермических печей.
32. Печи для производства карбида кремния.
33. Печи графитации.
34. О режимах работы руднотермических печей.
35. Вращающиеся печи для производства строительных материалов.
36. Вращающиеся печи для производства цементного клинкера.
37. Типовые конструкции вращающихся печей.
38. Теплообменные устройства печей мокрого способа производства.
39. Встроенные теплообменники.
40. Теплообменники печей сухого способа производства.
41. Теплообменники и вращающиеся печи для огнеупоров.
42. Холодильники вращающихся печей. Планетарные и рекуператорные холодильники.
43. Холодильники вращающихся печей. Колосниковые холодильники.
44. Холодильниики печей для производства огнеупоров.
45. Печи кипящего слоя и циклонные печи.
46. Принципы расчета при проектировании вращающихся печей. Материальный баланс.

47. Принципы расчета при проектировании вращающихся печей. Тепловой баланс.
48. Определение конструктивных параметров вращающихся печей мокрого способа производства.
49. Определение конструктивных параметров вращающейся печи с циклонными теплообменниками.
50. Принципы расчета циклонных теплообменников и декарбонизаторов.
51. Принципы расчета вращающихся печей для производства извести и керамзита.
52. Общие принципы работы и классификация плазмохимических реакторов.
53. Струйные реакторы с электродуговыми плазмотронами.
54. Струйные реакторы с ВЧ-плазмотронами.
55. Объемные реакторы.
56. Расчет исходных данных для проектирования плазмохимического реактора.
57. Критерии энергетической эффективности ВТУ.

Примерный перечень вопросов для промежуточного тестирования

1) Основная функция печи:
1. обеспечить сырью требуемую прочность;
2. обеспечить сырью требуемую влажность;
3. обеспечить сырью требуемую плотность;
4. обеспечить сырью требуемую температуру.

2) Граница между низкотемпературными и высокотемпературными процессами лежит в интервале:
1. 550–750 °С;
2. 500–700 °С;
3. 600–700 °С;
4. 500–800 °С.

3) Прямой нагрев это:
1. Выделение тепла в самом нагреваемом материале;
2. Выделение тепла в нагревательном элементе;
3. Выделение тепла на поверхности нагреваемого материала;
4. Выделение тепла самим материалом.

4) Косвенный нагрев это:
1. Нет правильных ответов;
2. Выделение тепла вне материала с последующим остыванием;
3. Выделение тепла вне материала с последующей теплопередачей;
4. Выделение тепла вне материала с последующей теплоотдачей.

5) Для ЭПС непрерывного действия выбирают:
1. Все ответы верные;
2. число тепловых зон и мощность каждой зоны печи;
3. число тепловых зон и мощность нагревателей печи;
4. число тепловых зон и мощность энергопотребления печи.

6) Знание удельного расхода электроэнергии позволяет оценить:
1. энергетическую эффективность процесса;
2. нет правильных ответов;
3. энергетическую эффективность системы;

4. энергетический КПД установки.

7) Тепловой КПД характеризует:
1. Нет правильных ответов;
2. работу печи как источника энергии;
3. работу печи как источника потерь;
4. работу печи как потребителя энергии.

8) Коэффициент запаса мощности для ЭПС непрерывного действия:
1. kз = 1,1÷1,2;
2. kз = 1,01÷1,26;
3. Нет правильных ответов;
4. kз = 1,15÷1,27.

9) Коэффициент запаса мощности для ЭПС периодического действия:
1. kз = 1,0÷1,4;
2. Нет правильных ответов;
3. kз = 1,2÷1,6;
4. kз = 1,2÷1,4.

10) Теплоту, необходимую для нагрева загрузки и вспомогательных приспособлений, следует называть:
1. Все ответы верные;
2. относительной;
3. общей;
4. полезной.

11) Коэффициент запаса на неучтенные потери мощности принимают равным:
1. Нет правильных ответов;
2. 1,2÷1,5;
3. 1,2÷1,4;
4. 1,3÷1,4.

12) Расчет футеровок проводят:
1. методом Гаусса;
2. методом последовательных приближений;
3. Все ответы верные;
4. методом прямоугольника.

13) Потери тепла через отверстие нагретой до 800–900 0С печи за счет конвекции можно определить:
1. по уравнению Доброхотова;
2. по уравнению Добронравова;
3. Нет правильных ответов;
4. по уравнению Эйлера.

14) Коэффициент теплового излучения для крупных отверстий и проемов (соизмеримых с размером печного пространства) берут равным:
1. 0,9;
2. 0,5;
3. 0,3;

4. 0,8.

15) Коэффициент теплового излучения для мелких отверстий принимают:
1. εотв = 1,01;
2. εотв = 1,77;
3. εотв = 1,0;
4. εотв = 1,09.

16) Коэффициент диафрагмирования учитывает:
1. Все ответы верные;
2. глубину отверстия и экранирующее действие его стенок;
3. только глубину отверстия;
4 экранирующее действие стенок отверстия.

17) Строго теплотехнически «массивными» считают загрузки, для которых:
1. число Био больше 0,58;
2. число Био больше 0,70;
3. число Био больше 0,50;
4. число Био меньше 0,50.

18) При температуре выше 700 0С процесс охлаждения происходит:
1. за счет рассеяния излучения;
2. нет правильных ответов;
3. за счет излучения;
4. за счет излучения и конвекции.

19) Время изотермической выдержки tвыд обычно задано:
1. Все ответы верные;
2. физическими параметрами технологического процесса;
3. условиями процесса охлаждения;
4. условиями технологического процесса.

20) Шамотные материалы применяются:
1. в воздушной (слабокислой) атмосфере и некоторых защитных углеродсодержащих атмосферах;
2. Нет правильных ответов;
3. в воздушной (слабокислой) атмосфере;
4. в некоторых защитных углеродсодержащих атмосферах.

Примерный перечень задач для семинарских занятий

Задача 1. Расчет удельного сопротивления технологических зон печей производства технического кремния.

Для теоретической оценки удельного сопротивления технологических зон кремниевых печей принимаем следующую упрощенную схему строения реакционного пространства:

1. Зона твердофазных процессов (все компоненты шихты твердые, температура монотонно повышается по высоте зоны от 600 до 1873 К);
2. Зона плавления (начинается размягчение минеральной части шихты, заканчивающееся полным плавлением при 2073 К);
3. Зона гетерогенного расплава (плотноупакованный углеродистый слой, погруженный в вязкий расплав кремнезема. Температура по мере заглубления возрастает, достигая 2373 К на границе газовой полости);
4. Гарнисаж (уплотненная шихта исходного состава, покрытая коркой SiC);
5. Газовая полость (зона дуговых процессов);
6. Подовая настыль (вязкая шлакокарбидная пористая масса с полостями, заполненными металлическим кремнием).

Шихта составляется из четырех основных компонентов: кварцит, древесный уголь, нефтяной кокс, газовый уголь.

Вследствие протекания восстановительных реакций размер частиц восстановителя по мере опускания шихты монотонно уменьшается от начального до нуля, поэтому значение эффективного диаметра частиц углеродистых материалов принимаем равным половине среднего диаметра частиц, поступающих на колошник.

Температура реакционной среды кремниевой печи меняется в широких пределах (от 600 К на поверхности колошника до 2300 К на стенке газовой полости в торце электрода).

Расчет УЭС шихты кремниевой печи (зона твердофазных процессов).

Исходные данные:

- температура T = 1473 К;

Эффективные диаметры частиц компонентов шихты:

- кварцит d1 = 0,027 м;
- древесный уголь d2 = 0,013 м;
- нефтяной кокс d3 = 0,004 м;
- газовый уголь d4 = 0,008 м.

Значения коэффициентов A, B, C для кварцита и газового угля считаем равными соответствующим коэффициентам для кокса.

Задача 2. Материальный баланс процесса полного горения газообразного топлива (по формулам из Нормативного метода).

Исходные данные:

Процентный состав газового топлива, %:

CH_4 = 84.5
N_2 = 7.8
H_2O = 0.0
C_2H_6 = 3.8
CO_2 = 0.8
H_2S = 0.0
C_3H_8 = 1.9
O_2 = 0.0
C_4H_{10} = 0.9
CO = 0.0
C_5H_{12} = 0.3

$H_2 = 0.0$
Коэффициент расхода окислителя:
$\alpha = 1.05$
1.3. Объемная доля кислорода в окислителе:
$KO_2 = 0.21$
Влагосодержание топлива, г/(м^3 сухого топлива):
Dт = 10
Влагосодержание окислителя, г/(м^3 сухого окислителя):
Dок = 10.

Задача 3. Определить какая доля теплоты сгорания коксового газа $Q_{рн}$= 17,6 мДж/м^3 осталась неиспользованной в рабочем пространстве топки при наличии в сухих продуктах сгорания CO в количестве 3% ($V_{сг}$=3,9 м^3).

Задача 4. Рассчитать тепловые потери печи. Зазор между деталью и тепловой изоляцией рекомендуется принимать 110÷140 мм. Тепловая изоляция из двух слоев: 1 слой - шамотовый кирпич, толщина, $\delta_ш$ = 65 мм; 2 слой - вермикулитовая засыпка, толщина, $\delta_в$ = 250 мм.

Рассчитать мощность, необходимую для нагрева, КПД нагрева холодной и горячей печи, температуру наружной стенки, температуру между слоями изоляции.

$n_д$	d, мм	материал	$t_{внутр}$, °C	$t_{нар}$, °C	l, мм
12	65	алюминий	460	20	350

Плотность алюминия γ = 2700 кг/м^3.
Теплоемкость алюминия C = 0,872 кДж/кг·°C.