

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович
Должность: Проректор по учебной и методической работе
Дата подписания: 28.06.2023 11:09:40
Уникальный программный ключ:
3b89716a1076b80b2c167df0f27c09d01782ba84



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный технологический институт
(технический университет)»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной
и методической работе
_____ Б.В. Пекаревский
« 26 » января 2021 г.

Рабочая программа дисциплины
ТЕПЛОВЫЕ ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ
ТУГОПЛАВКИХ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ И СИЛИКАТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Направление подготовки

18.03.01 Химическая технология

Направленность программы бакалавриата

Химическая технология тугоплавких неметаллических и силикатных материалов

Квалификация

Бакалавр

Форма обучения

Очная

Факультет **химии веществ и материалов**

Кафедра **Химической технологии тугоплавких неметаллических
и силикатных материалов**

Санкт-Петербург

2021

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Должность разработчика	Подпись	Ученое звание, фамилия, инициалы
Доцент		Данилович Д. П.

Рабочая программа дисциплины «Тепловые процессы и аппараты тугоплавких неметаллических и силикатных материалов» обсуждена на заседании кафедры химической технологии тугоплавких неметаллических и силикатных материалов
протокол от 19 января 2021 № 4

Заведующий кафедрой

И. Б. Пантелеев

Одобрено учебно-методической комиссией факультета химии веществ и материалов
протокол от 21 января 2021 № 4

Председатель

С. Г. Изотова

СОГЛАСОВАНО

Руководитель направления подготовки «Химическая технология»		М. В. Рутто
Директор библиотеки		Т. Н. Старостенко
Начальник методического отдела учебно-методического управления		Т. И. Богданова
Начальник учебно-методического управления		С. Н. Денисенко

СОДЕРЖАНИЕ

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы	4
2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы.....	5
3. Объем дисциплины.....	5
4. Содержание дисциплины	
4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.....	6
4.2. Занятия лекционного типа.....	6
4.3. Занятия семинарского типа.....	7
4.3.1. Практические занятия	8
4.4. Самостоятельная работа.....	8
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине	9
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.....	9
7. Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины.....	9
8. Перечень электронных образовательных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины.....	10
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.....	10
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине	
10.1. Информационные технологии.....	11
10.2. Программное обеспечение.....	11
10.3. Базы данных и информационные справочные системы.....	11
11. Материально-техническое обеспечение освоения дисциплины в ходе реализации образовательной программы	11
12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья	11

Приложения: 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате освоения образовательной программы бакалавриата обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения (дескрипторы)
ПК-2 Способен принимать конкретные технические решения при разработке технологических процессов, выбирать технические средства и технологии с учетом основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции	ПК-2.1 Технические решения при разработке технологических процессов силикатных материалов с учетом основных параметров технологии процесса, свойств сырья и продукции	Знать: основные технические средства для контроля параметров технологического процесса, тепловые свойства сырья и готовой продукции (ЗН-1); Уметь: давать оценку основных тепловых параметров сырья и готовой продукции для оперативного контроля технологического процесса (У-1); рассчитать тепловой баланс оборудования и параметров технологического процесса (У-2); Владеть: методикой расчета тепловых показателей оборудования, вида и конструкции футеровки печей (Н-1).

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1 образовательной программы бакалавриата (Б1.В.04) и изучается на 3 курсе в 5 семестре.

В методическом плане дисциплина опирается на элементы компетенций, сформированные при изучении дисциплин «Физика», «Математика», «Общая и неорганическая химия», «Органическая химия», «Физическая химия», «Химические и физико-химические методы анализа», «Кристаллохимия и кристаллография». Полученные в процессе изучения дисциплины «Тепловые процессы и аппараты тугоплавких неметаллических и силикатных материалов» знания, умения и навыки, создающие теоретическую и практическую базу для профильных дисциплин и могут быть использованы при прохождении производственной практики, а также при выполнении выпускной квалификационной работы

3. Объем дисциплины

Вид учебной работы	Всего, ЗЕ/академ. часов
Общая трудоемкость дисциплины (зачетных единиц/ академических часов)	4/ 144
Контактная работа с преподавателем:	72
занятия лекционного типа	36
занятия семинарского типа, в т.ч.	18
семинары, практические занятия (в том числе практическая подготовка)	18 (4)
лабораторные работы (в том числе практическая подготовка)	–
курсовое проектирование (КР или КП)	18
КСР	–
другие виды контактной работы	–
Самостоятельная работа	45
Форма текущего контроля (Кр, реферат, РГР, эссе)	КП
Форма промежуточной аттестации (КР, КП, зачет, экзамен)	КП, Экзамен/27

4. Содержание дисциплины.

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Занятия лекционного типа, академ. часы	Занятия семинарского типа, академ. часы		Самостоятельная работа, академ. часы	Формируемые компетенции	Формируемые индикаторы
			Семинары и/или практические занятия	Лабораторные работы			
1.	Введение	2	-	0	2	ПК-2	ПК-2.1
2.	Теплообмен и виды теплоносителя в печах и тепловых аппаратах	6	4	0	8	ПК-2	ПК-2.1
3.	Виды топлива и топливо сжигающие устройства	6	2	0	8	ПК-2	ПК-2.1
4.	Утилизация тепла отходящих потоков для технологических и других целей	6	4	0	10	ПК-2	ПК-2.1
5.	Конструктивные и строительные элементы печей	8	6	0	8	ПК-2	ПК-2.1
6.	Технология термической обработки тугоплавких неметаллических и силикатных материалов. Схемы работы, конструкции, особенности функционирования и расчета тепловых аппаратов и устройств.	8	2	0	9	ПК-2	ПК-2.1

4.2. Занятия лекционного типа

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, академ. часы	Инновационная форма
1.	Тепловые процессы при производстве тугоплавких неметаллических и силикатных материалов. Виды и роль тепловой обработки в различных производствах. Общие понятия о тепловых агрегатах отрасли. Основные элементы печей. Классификация печей и сушил, области их применения. Технология тепловой обработки тугоплавких неметаллических и силикатных материалов: сушка, спекание, обжиг, плавление и др.	2	Л
2.	Теплообмен в печах, механизмы (конвекция, кондукция, излучение), влияние различных факторов на общие характеристики теплообмена в печах и аппаратах. Аэродинамика печных газов. Особенности движения газов в горизонтальных и вертикальных каналах. Естественное и принудительное движение газов, оборудование для перемещения газов в печах и сушилах силикатной промышленности	6	Л, ЛВ

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
3.	Топливо в печах силикатной промышленности. Параметры выбора вида топлива для различных технологических процессов. Процессы, протекающие при горении. Способы сжигания топлива, основные конструкции топливо сжигающих устройств	6	Л
4.	Утилизация тепла отходящих газов. Рекуператоры и регенераторы. Конструкций и основы расчета	6	Л, ЛВ
5.	Строительно-конструкционные узлы и их особенности при производстве тугоплавких неметаллических и силикатных материалов. Фундамент. Кладка и расчет печей непрерывного и периодического действия. Каркас. Электронагревательные элементы печей	8	Л, ЛВ
6.	Основные принципы работы, расчета, технологических параметров функционирования различных типов печей: <ul style="list-style-type: none"> – одно- и многокамерных; – пламенных и электрических камерных; – стекловаренных горшковых; – ваннных стекловаренных; – туннельных крупнотоннажных; – туннельных щелевых; – вращающихся печей различного назначения; – шахтных; Новые типы печей для обжига кускового материала	8	Л, Э

4.3. Занятия семинарского типа

4.3.1. Практические занятия

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы		Инновационная форма
		всего	в том числе на практическую подготовку	
2	Теплообмен в печах, механизм, расчет, влияние различных факторов. Расчет конструкции одно- и многослойной кладки при заданной температуре на наружной поверхности. Расчет температур на стыках слоев, наружной поверхности и определение потерь теплоты в окружающую среду (метод фиктивных температур аналитический и графический, метод конечных разностей) Естественное и принудительное движение газов, оборудование для перемещения газов в печах и сушилах силикатной промышленности. Расчет параметров дымовой трубы	4	1	Т

3	Процессы, протекающие при горении. Расчет процесса сжигания топлива в печах и сушилах промышленности производства тугоплавких неметаллических и силикатных материалов	2	1	Т
4	Способы использования тепла отходящих газов. Расчет рекуператора. Расчет регенератора	4	0,5	РД
5	Особенности конструкции основных печей производства тугоплавких неметаллических и силикатных материалов. Выбор и расчет электрических нагревателей.	6	0,5	Т
6	Камерные печи. Расчет теплового баланса печи периодического действия. Туннельные печи. Расчет теплового баланса зон подогрева и обжига печи непрерывного действия Вращающиеся печи. Расчет топки сушильного барабана. Стекловаренные печи. Расчет площади бассейна ванной стекловаренной печи.	2	1	Т
	Расчет курсового проекта	18		Р

4.4. Самостоятельная работа обучающихся

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
1	Особенности теплообмена в печах и сушилах силикатной промышленности	2	Устный или письменный опрос
2	Сушка и сушилки силикатной промышленности	8	Устный или письменный опрос
3	Конструкции топливо сжигающих устройств	8	Устный или письменный опрос
4	Оборудование для использования тепла отходящих газов	10	Устный или письменный опрос
5	Конструктивные элементы печей различного назначения	8	Устный или письменный опрос
6	Основные конструкции печей силикатной промышленности для производства керамики и огнеупоров	9	Устный или письменный опрос

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.

Методические указания для обучающихся по организации самостоятельной работы по дисциплине, включая перечень тем самостоятельной работы, формы текущего контроля по дисциплине и требования к их выполнению размещены в электронной информационно-образовательной среде СПбГТИ(ТУ) на сайте: <https://media.technolog.edu.ru>

6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме защиты курсового проекта и экзамена.

К сдаче экзамена допускаются студенты, выполнившие все формы текущего контроля.

Экзамен предусматривает выборочную проверку освоения заданных элементов компетенций и комплектуется вопросами (заданиями) теоретического характера.

При сдаче экзамена, студент получает три вопроса из перечня вопросов, приведенных в Приложении 1, время подготовки студента к устному ответу - до 45 мин.

Пример варианта экзаменационного билета:

Билет № 1

1. Виды теплообмена, преобладающие во вращающихся печах сухого способа производства.
2. Типы сводов камерных печей.
3. Топливо сжигающие устройства жидкого топлива.

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в Приложении № 1

Результаты освоения дисциплины считаются достигнутыми, если для всех элементов компетенций достигнут пороговый уровень освоения компетенции на данном этапе – оценка «удовлетворительно».

7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

а) печатные издания:

1. Далидович, В.В. Вращающиеся барабанные пламенные печи : методические указания / В.В. Далидович, Л.В. Григорьева ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической технологии материалов и изделий сорбционной техники. – Санкт-Петербург : СПбГТИ(ТУ), 2008. – 29 с.

2. Левченко, П. В. Расчеты печей и сушил силикатной промышленности : Учебное пособие для вузов / П. В. Левченко . – Москва : Альянс, 2007. – 366 с. ISBN 978-5-903034-14-7.

3. Дытнерский, Ю. И. Процессы и аппараты химической технологии : в 2-х кн. : учебник для химико-технологических специальностей вузов / Ю. И. Дытнерский. – Стер. изд. – [3-е изд.]. – Москва : Альянс, 2015. Ч. 1 : Теоретические основы процессов химической технологии. Гидромеханические и тепловые процессы и аппараты. – 2015. – 400 с. ISBN 978-5-91872-073-8.

б) электронные учебные издания

1. Арсирий, А.И. Тепловые процессы и аппараты силикатных технологий. Расчет сушильного барабана : учебное пособие / А.И. Арсирий, Д.П. Данилович ; Министерство образования и науки Российской Федерации Российской Федерации, Санкт-

Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической технологии тугоплавких неметаллических и силикатных материалов. – Санкт-Петербург : СПбГТИ(ТУ), 2015. – 36 с. // СПбГТИ. Электронная библиотека. - URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 15.01.2021). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.

2. Арсирий, А.И. Расчеты процессов сжигания топлива в тепловых агрегатах технологии тугоплавких неметаллических и силикатных материалов : методические указания / А. И. Арсирий, А. В. Фокин ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической технологии тугоплавких неметаллических и силикатных материалов. – Санкт-Петербург : СПбГТИ(ТУ), 2015. – 35 с. // СПбГТИ. Электронная библиотека. - URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 15.01.2021). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.

3. Суворов, С.А. Моделирование и расчет процессов переноса в футеровках тепловых агрегатов : методические указания к изучению учебной дисциплины "Процессы переноса с участием твердой фазы в высокотемпературных материалах" / С.А. Суворов, А.П. Шевчик ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической технологии высокотемпературных материалов. – Санкт-Петербург : СПбГТИ(ТУ), 2014. - 21 с. // СПбГТИ. Электронная библиотека. - URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 15.01.2021). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

1. Учебный план, РПД и учебно-методические материалы - media.technolog.edu.ru
2. ЭБ "Библиотех" СПбГТИ(ТУ) (доступ к сайту библиотеки);
3. Информационно-справочные поисковые системы и БД в сети Интернет

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

Все виды занятий по дисциплине проводятся в соответствии с требованиями следующих СТП:

1. СТО СПбГТИ(ТУ) 026-2016. Положение о бакалавриате./ СПбГТИ(ТУ). – Введ. с 01.01.2016.– СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2016.– 38 с.

2. СТП СПбГТИ 040-02. Виды учебных занятий. Лекция. Общие требования./ СПбГТИ(ТУ). – Введ. с 01.07.2002. – СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2002.– 7 с.

3. СТО СПбГТИ(ТУ) 044-2012 КС УКДВ. Виды учебных занятий. Курсовой проект. Курсовая работа. Общие требования./ СПбГТИ(ТУ). – Введ. с 03.07.2012. – СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2012. – 46 с.

4. СТП СПбГТИ 048-2009. Виды учебных занятий. Самостоятельная планируемая работа студентов. Общие требования к организации и проведению./ СПбГТИ(ТУ). – Введ. с 01.01.2010. – СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2009. – 6 с.

5. СТО СПбГТИ(ТУ) 016-2015. Порядок организации и проведения зачётов и экзаменов./ СПбГТИ(ТУ). – Введ. с 01.06.2015. – СПб. : СПбГТИ(ТУ), 2015. – 45 с.

В ходе лекционных занятий обучающемуся необходимо готовить конспект лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Провести проверку терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь.

Аудиторная часть курса должна сопровождаться интенсивной самостоятельной

работой обучающихся с рекомендованными преподавателями литературными источниками и информационными ресурсами сети Интернет по всем разделам дисциплины. Планирование времени для изучения дисциплины необходимо осуществлять на весь период обучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо в рамках внеаудиторной самостоятельной работы регулярно дополнять сведениями из литературных источников, приведенных в разделе 7 настоящей программы. Для расширения и углубления знаний по учебной дисциплине необходимо активно использовать информационные ресурсы сети Интернет. Для работы на практических занятиях необходимы: проработка рабочей программы, уделив особое внимание целям и задачам структуре и содержанию дисциплины, и конспектирование источников, а также изучение конспекта лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам и просмотр рекомендуемой литературы.

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

10.1. Информационные технологии.

В учебном процессе по данной дисциплине предусмотрено использование информационных технологий:

- чтение лекций с использованием слайд-презентаций;
- взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС.

10.2. Программное обеспечение.

- Microsoft Windows;
- Microsoft Office (Microsoft Excel, Microsoft Word)

10.3. Базы данных и информационные справочные системы.

Справочно-поисковая система «Консультант-Плюс»

11. Материально-техническое обеспечение освоения дисциплины в ходе реализации образовательной программы.

Реализация программы учебной дисциплины не предполагает наличия специализированного учебного кабинета при условии соответствия учебных кабинетов санитарным нормам, а его оборудования – изложенным ниже требованиям:

1. Учебная аудитория на 25 и более мест
2. Персональный компьютер.
3. Мультимедиа-проектор (разрешение не хуже 1024×758).
4. Стационарный или переносной проекционный экран.
5. Комплект презентаций и видеофильмов по дисциплине.

Лабораторные занятия проводятся в учебном кабинете, отвечающем санитарным нормам, а его оборудование – следующим требованиям:

1. Учебная аудитория на 25 и более мест
2. Персональные компьютеры для обучающихся.
3. Мультимедиа-проектор (разрешение не хуже 1024×758).
4. Стационарный или переносной проекционный экран.

12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья.

Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями учебные процесс осуществляется в соответствии с Положением об организации учебного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья СПбГТИ(ТУ), утвержденным ректором 28.08.2014.

**Фонд оценочных средств
для проведения промежуточной аттестации по
дисциплине «Тепловые процессы и аппараты тугоплавких неметаллических и
силикатных материалов»**

1. Перечень компетенций и этапов их формирования.

Индекс компетенции	Содержание	Этап формирования
ПК-2	Способен принимать конкретные технические решения при разработке технологических процессов, выбирать технические средства и технологии с учетом основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции	промежуточный

2. Показатели и критерии оценивания компетенций на различных этапах их формирования, шкала оценивания

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
ПК-2.1 Технические решения при разработке технологических процессов силикатных материалов с учетом основных параметров технологии процесса, свойств сырья и продукции	Перечисляет основные технические средства для контроля параметров технологического процесса, тепловые свойства сырья и готовой продукции (ЗН-1)	Правильные ответы на вопросы № 1-14 к экзамену	Перечисляет основные технические средства для контроля параметров технологического процесса, тепловые свойства сырья и готовой продукции с ошибками	Перечисляет основные технические средства для контроля параметров технологического процесса, тепловые свойства сырья и готовой продукции без ошибок, но путается в терминологии	Описывает основные технические средства для контроля параметров технологического процесса, тепловые свойства сырья и готовой продукции, хорошо ориентируется в химическом составе. Может применить эти знания для решения технологических задач.
	Сопоставляет и делает выводы по оценке основных тепловых параметров сырья и готовой продукции для оперативного контроля технологического процесса (У-1)	Правильные ответы на вопросы № 15-29 к экзамену	Имеет представление об основных тепловых параметрах сырья и готовой продукции. Перечисляет основные методы анализа свойств минералов и горных пород с ошибками.	Может сочетать теоретические методы оценки основных тепловых параметров сырья и готовой продукции и конкретные примеры оперативного контроля технологического процесса с помощью наводящих вопросов	Способен самостоятельно представить схему оценки основных тепловых параметров сырья и готовой продукции для оперативного контроля технологического процесса, легко ориентируется в терминах.
	Объясняет суть расчёта теплового баланса оборудования и параметров технологического процесса (У-2)	Правильные ответы на вопросы № 30-44 к экзамену. Защита курсового проекта	Имеет представление о расчёте теплового баланса оборудования и параметров технологического процесса, допускает ошибки в описании.	Достаточно грамотно описывает с помощью наводящих вопросов суть расчёта теплового баланса оборудования и параметров технологического процесса	Уверенно и точно описывает суть расчёта теплового баланса оборудования и параметров технологического процесса

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
	Разрабатывает план проведения расчета тепловых показателей оборудования, вида и конструкции футеровки печей (Н-1)	Правильные ответы на вопросы № 45-58 к экзамену. Защита курсового проекта	С ошибками формирует план проведения расчета тепловых показателей оборудования, вида и конструкции футеровки печей	Формирует план проведения расчета тепловых показателей оборудования, вида и конструкции футеровки печей с небольшими подсказками преподавателя	Способен самостоятельно сформировать план проведения расчета тепловых показателей оборудования, вида и конструкции футеровки печей с применением прикладных программных средств

3. Типовые контрольные задания для проведения промежуточной аттестации

1. Классификация печей по устройству рабочей камеры. Схемы движения - материала и газов.
2. Классификация печей по назначению.
3. Сравнительные характеристики печей непрерывного и периодического действия, пламенных и электрических печей.
4. Теплопередача в нестационарных условиях, примеры.
5. Принцип расчета прогрева кладки печей по методу конечных разностей.
6. Стационарная теплопередача. Принцип расчета прогрева кладки по методу фиктивных температур.
7. Определение температуры наружной поверхности ограждения и потерь теплоты через него в стационарных условиях.
8. Виды напоров и их взаимосвязь. Расчет сопротивлений по пути движения газовых потоков. Принцип действия дымовой трубы.
9. Пьезометрический напор. Уровень изонейтрального давления. Движение газов через окна и неплотности в кладке.
10. Расчет дымовой трубы.
11. Теплообмен излучением. Влияние экранов, их использование.
12. Излучение газов. Эффективная толщина излучающего (поглощающего) слоя газа. Влияние отдельных факторов на вклад излучения в теплообмен.
13. Конвективный теплообмен, влияющие факторы. Примеры тепловых агатов и их частей с преобладанием конвективного теплообмена.
14. Теплообмен в пламенном пространстве печей. Анализ влияния разных факторов.
15. Сжигание газообразного топлива. Факторы, влияющие на длину факела. Пламенные газовые горелки.
16. Беспламенные газовые горелки.
17. Устройства для сжигания жидкого топлива.
18. Жидкое топливо. Сравнение форсунок различных типов.
19. Сжигание твердого топлива. Горелки, топки.
20. Топки с ручной и механической загрузкой твердого топлива. Определение размеров топки и колосниковой решетки.
21. Камерные печи с топками. Движение газов. Преимущества сжигания топлива до полугаза.
22. Устройство и работа полугазовой топки. Примеры использования полугаза в печах.
23. Требования к топливу. Сравнительная характеристика различных видов топлива. Сжигание пылевидного топлива.
24. Способы использования теплоты отходящих газов в тепловых агрегатах. Схемы движения газов в регенераторах.
25. Устройство и принцип действия регенератора, изменение во времени температуры насадки и теплоносителей, их влияние на температурный режим в рабочей камере.
26. Требования к насадкам регенераторов. Тепловой баланс регенератора и расчет поверхности теплообмена.
27. Керамические рекуператоры. Тепловой баланс и определение поверхности теплообмена.
28. Металлические рекуператоры. Тепловой баланс и определение поверхности теплообмена.
29. Фундамент и каркас печи. Температурные швы.
30. Кладка стен печей. Требования к огнеупорным, теплоизоляционным материалам и растворам.
31. Основные конструкции сводов печей. Влияние свода на равномерность тепловой обработки.

32. Сравнительная характеристика циркульных и подвесных сводов. Температурное расширение сводов.
33. Электронагревательные элементы печей, их размещение. Конвективные электрические печи.
34. Пламенные и электрические камерные печи. Способы загрузки рабочей камеры расчет ее размеров.
35. Однокамерные и многокамерные пламенные печи. Схемы движения материала и газов.
36. Пламенные туннельные печи. Расчет размеров,
37. Транспортные приспособления туннельных печей, требования к ним. Песочный затвор.
38. Особенности движения газов в горизонтальных каналах (на примере туннельной печи). Способы выравнивания температур по высоте канала.
39. Теплообмен в пламенных туннельных печах. Способы повышения равномерности обжига.
40. Камерные и туннельные электрические печи. Способы повышения равномерности обжига.
41. Характеристики печей для обжига кусковых и сыпучих материалов (вращающиеся, шахтные, циклонные, печи для обжига в кипящем слое). Схемы движения материалов и газов.
42. Вращающиеся печи при мокром способе производства. Цепная завеса, теплообменники.
43. Вращающиеся печи для обжига цементного клинкера с конвейерными кальцинаторами.
44. Вращающиеся печи с циклонными теплообменниками и декарбонизатором.
45. Вращающиеся печи для обжига извести, шамота, магнезита с подготовительными решетками.
46. Внешние теплообменные устройства вращающихся печей, сравнительная характеристика.
47. Холодильники вращающихся печей. Особенности теплообмена в холодильниках различных типов.
48. Теплообмен во вращающихся печах. Внутренние теплообменные устройства.
49. Шахтные печи.
50. Теплообмен в шахтных печах. Способы повышения равномерности обжига.
51. Регенеративные ванны стекловаренные печи. Расчет площади зеркала бассейна.
52. Рекуперативные ванны стекловаренные печи. Печи прямого нагрева. Расчет площади зеркала бассейна.
53. Электрические и газоэлектрические ванны стекловаренные печи.
54. Теплообмен в пламенных и электрических стекловаренных печах. Распределение температур по длине, ширине и глубине бассейна. Конвективные потоки стекломассы.
55. Горшковые стекловаренные печи. Температурный режим работы. Схемы организации движения теплоносителя.
56. Сушка керамических материалов. Камерные сушила.
57. Туннельные сушила.
58. Сушильные барабаны с топкой для сжигания газообразного топлива. Определение основных параметров топки.

К экзамену допускаются студенты, выполнившие все формы текущего контроля. При сдаче экзамена, студент получает три вопроса из перечня, приведенного выше.

Время подготовки студента к устному ответу на вопросы – до 45 мин.

4. Темы курсовых проектов (курсовых работ):

Определение параметров работы теплового аппарата.

Пример темы курсовой работы: «Определение параметров работы теплового аппарата для сушки песка».

Для каждого студента устанавливаются индивидуально параметры расчета: производительность, материал и др.

При защите курсового проекта студент представляет результаты своей работы и предложения по усовершенствованию.

5. Методические материалы для определения процедур оценивания знаний, умений и навыков, характеризующих этапы формирования компетенций.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в соответствии с требованиями СТП СТО СПбГТИ(ТУ) 016-2015. КС УКДВ Порядок проведения зачетов и экзаменов.

По дисциплине промежуточная аттестация проводится в форме защиты курсового проекта (курсовой работы) и экзамена.

Шкала оценивания на экзамене балльная («отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно»).