

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович  
Должность: Проректор по учебной и методической работе  
Дата подписания: 12.09.2021 20:36:55  
Уникальный программный ключ:  
3b89716a1076b80b2c167df0f27c09d01782ba84

**Рабочая программа дисциплины**  
**Тепловые процессы и аппараты технологии тугоплавких**  
**неметаллических и силикатных материалов**

Направление подготовки  
**18.03.01 Химическая технология**

Направленность образовательной программы  
**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  
2017

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Должность	Подпись	Ученое звание, фамилия, инициалы
Разработчик		Арсирий А.И.

Рабочая программа дисциплины «Тепловые процессы и аппараты технологии тугоплавких неметаллических и силикатных материалов» обсуждена на заседании кафедры химической технологии тугоплавких неметаллических и силикатных материалов

Протокол от \_\_\_\_\_ № \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой

И.Б. Пантелеев

Одобрено учебно-методической комиссией факультета химии веществ и материалов.

Протокол от \_\_\_\_\_ № \_\_\_\_\_

Председатель

С.Г. Изотова

## СОГЛАСОВАНО

Руководитель направления подготовки «Химическая технология»		А.А. Малыгин
Директор библиотеки		Т.Н. Старостенко
Начальник методического отдела учебно-методического управления		Т.И. Богданова
Начальник УМУ		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 .....	4
3. Объем дисциплины .....	<b>5</b>
4. Содержание дисциплины .....	5
4.1. Разделы дисциплины и виды занятий .....	5
4.2. Занятия лекционного типа .....	6
4.3. Занятия семинарского типа .....	7
4.3.1. Практические занятия .....	7
4.4. Самостоятельная работа .....	8
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине .....	8
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации .....	8
7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины .....	9
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», 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
10.1. Информационные технологии .....	10
10.2. Программное обеспечение .....	10
10.3. Информационные справочные системы .....	10
11. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине .....	10
12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья .....	11
Приложения: 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации .....	12

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

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

Коды компетенции	Результаты освоения ООП (содержание компетенций)	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
<b>ПК-3</b>	готовность использовать нормативные документы по качеству, стандартизации и сертификации продуктов и изделий, элементы экономического анализа в практической деятельности	<p><b>Знать:</b> нормативные требования к топливным, футеровочным, теплоизоляционным и печестроительным материалам, нормативные требования к изделиям керамической, огнеупорной, стекольной промышленности и производства строительным материалам.</p> <p><b>Уметь:</b> использовать технологические и экономические подходы к выбору материалов, удовлетворяющих требованиям, предъявляемым при строительстве и эксплуатации высокотемпературных агрегатов.</p> <p><b>Владеть:</b> информацией об нормативных требованиях работы высокотемпературных аппаратов и материалам, применяемым в технологии производства тугоплавких неметаллических и силикатных материалов.</p>
<b>ПК-4</b>	способность принимать конкретные технические решения при разработке технологических процессов, выбирать технические средства и технологии с учетом экологических последствий их применения	<p><b>Знать:</b> технологические характеристики работы тепловых аппаратов, их принципы работы и правила безопасной эксплуатации основного технологического оборудования для высокотемпературной обработки тугоплавких неметаллических материалов.</p> <p><b>Уметь:</b> выбирать оптимальные технологические параметры работы высокотемпературного оборудования, изменять их для соблюдения значений технологического процесса.</p> <p><b>Владеть:</b> основами работы высокотемпературного оборудования, правилами техники безопасности, производственной санитарии, пожарной безопасности и норм охраны труда в производстве тугоплавких неметаллических материалов.</p>
<b>ПК-11</b>	способность выявлять и устранять отклонения от режимов работы технологического оборудования и параметров технологического процесса	<p><b>Знать:</b> принципы выбора оборудования для выполнения высокотемпературных технологических операций в производстве тугоплавких неметаллических материалов.</p> <p><b>Уметь:</b> осуществлять системный анализ технологического процесса для оптимизации выбора параметров работы</p>

Коды компетенции	Результаты освоения ООП (содержание компетенций)	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
		высокотемпературного технологического оборудования. <b>Владеть:</b> методами расчета и анализа основных технологических параметров работы высокотемпературного оборудования; представлениями о технических решениях, обеспечивающих безотказную работу оборудования и соблюдение технологических параметров.

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы<sup>1</sup>.

Дисциплина относится к дисциплинам по выбору вариативной части (Б1.В.ДВ.01.02.02) и изучается на 3 курсе в 6 семестре.

В методическом плане дисциплина опирается на элементы компетенций, сформированные при изучении дисциплин: физика, инженерная графика, прикладная механика, общее материаловедение и технологии материалов, процессы и аппараты химической технологии, электротехника и электроника, основы технологии высокотемпературных материалов, научные принципы технологии высокотемпературных неметаллических материалов, а также при прохождении производственной (технологической) практики.

Полученные в процессе изучения дисциплины «Тепловые процессы и аппараты» знания, умения и навыки могут быть использованы в научно-исследовательской работе бакалавра и при выполнении выпускной квалификационной работы.

## 3. Объем дисциплины.

Вид учебной работы	Всего, академических часов
	Очная форма обучения
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b> (зачетных единиц / академических часов)	<b>4/144</b>
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	<b>80</b>
занятия лекционного типа	32
занятия семинарского типа, в т.ч.	32
семинары, практические занятия	32
лабораторные работы	-
курсовое проектирование (КП)	16
КСР	-
другие виды контактной работы	-
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>28</b>
<b>Формы текущего контроля</b> (Кр, реферат, РГР, эссе)	-

<sup>1</sup> Место дисциплины будет учитываться при заполнении таблицы 1 в Приложении 1 (Фонд оценочных средств)

Вид учебной работы	Всего, академических часов
	Очная форма обучения
<b>Форма промежуточной аттестации (КП, экзамен)</b>	<b>Экз, КП (6 семестр) - 36</b>

#### 4. Содержание дисциплины.

##### 4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Занятия лекционного типа, акад. часы	Занятия семинарского типа, академ. часы		Самостоятельная работа,	Формируемые компетенции
			Семинары и/или практические	Лабораторные работы		
1.	Введение	2	-	-	-	ПК-3, ПК-4
2.	Теплообмен и виды теплоносителя в печах и тепловых аппаратах.	4	8	-	4	ПК-4
3.	Виды топлива и топливо сжигающие устройства	6	6	-	6	ПК-3, ПК-4
4.	Утилизация тепла отходящих потоков для технологических и других целей	6	4	-	6	ПК-3; ПК-11
5.	Конструктивные и строительные элементы печей	6	10	-	6	ПК-3, ПК-11
6.	Технология термической обработки тугоплавких неметаллических и силикатных материалов. Схемы работы, конструкции, особенности функционирования и расчета тепловых аппаратов и устройств.	8	4	-	6	ПК-11

##### 4.2. Занятия лекционного типа.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. 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	Лекция-беседа

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
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.	4	Лекция-беседа
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	Лекция-беседа
4	Утилизация тепла отходящих газов. Рекуператоры и регенераторы. Конструкций и основы расчета.	6	Лекция-беседа
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.	6	Лекция-беседа
6	Основные принципы работы, расчета, технологических параметров функционирования различных типов печей: <ul style="list-style-type: none"> <li>– одно- и многокамерных;</li> <li>– пламенных и электрических камерных;</li> <li>– стекловаренных горшковых;</li> <li>– ваннных стекловаренных;</li> <li>– туннельных крупнотоннажных;</li> <li>– туннельных щелевых;</li> <li>– вращающихся печей различного назначения;</li> <li>– шахтных;</li> </ul> Новые типы печей для обжига кускового материала.	8	Слайд - презентация

### 4.3. Занятия семинарского типа.

#### 4.3.1. Практические занятия.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
2	Теплообмен в печах, механизм, расчет, влияние	4	Расчетная

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
	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)		работа
2	Естественное и принудительное движение газов, оборудование для перемещения газов в печах и сушилах силикатной промышленности. Расчет параметров дымовой трубы	6	Расчетная работа
3	Процессы, протекающие при горении. Расчет процесса сжигания топлива в печах и сушилах промышленности производства тугоплавких неметаллических и силикатных материалов	4	Расчетная работа
4	Способы использования тепла отходящих газов. Расчет рекуператора. Расчет регенератора	4	Расчетная работа
5	Особенности конструкции основных печей производства тугоплавких неметаллических и силикатных материалов. Выбор и расчет электрических нагревателей.	10	Расчетная работа
6	Камерные печи. Расчет теплового баланса печи периодического действия.	1	Расчетная работа
6	Туннельные печи. Расчет теплового баланса зон подогрева и обжига печи непрерывного действия	1	Расчетная работа
6	Вращающиеся печи. Расчет топки сушильного барабана.	1	Расчетная работа
6	Стекловаренные печи. Расчет площади бассейна ванной стекловаренной печи.	1	Расчетная работа
	Расчет курсового проекта	16	

#### 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	контрольный опрос
2	Сушка и сушилки силикатной промышленности	2	контрольный
3	Конструкции топливо сжигающих устройств	6	контрольный
4	Оборудование для использования тепла отходящих газов	6	контрольный опрос



№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
5	Конструктивные элементы печей различного назначения	6	контрольный опрос
6	Основные конструкции печей силикатной промышленности для производства керамики и	6	контрольный 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 Медиа: <http://media.technolog.edu.ru>

### **6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации**

Своевременное выполнение обучающимся мероприятий текущего контроля позволяет превысить (достигнуть) пороговый уровень («удовлетворительно») освоения предусмотренных элементов компетенций.

Результаты дисциплины считаются достигнутыми, если для всех элементов компетенций превышен (достигнут) пороговый уровень освоения компетенции на данном этапе.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме экзамена и защиты курсовой работы.

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

Экзамен предусматривают выборочную проверку степени освоения предусмотренных элементов компетенций.

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 вопросов на экзамене:

Вариант № 1	
1.	Виды теплообмена, преобладающие во вращающихся печах сухого способа производства.
2.	Типы сводов камерных печей.
3.	Топливо сжигающие устройства жидкого топлива.

Темы 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.

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

### **а) основная литература:**

- 1 Левченко, П. В. Расчеты печей и сушил силикатной промышленности / П. В. Левченко . - М.: Альянс, 2007. - 368 с.
2. Арсирий, А.И. Тепловые процессы и аппараты силикатных технологий. Расчет сушильного барабана : учебное пособие / А. И. Арсирий, Д. П. Данилович ; СПбГТИ(ТУ). Каф. хим. технологии тугоплав. неметал. и силикат. материалов. - Электрон. текстовые дан. - СПб. : [б. и.], 2015. - 36 с.
3. Арсирий, А.И. Расчеты процессов сжигания топлива в тепловых агрегатах технологии тугоплавких неметаллических и силикатных материалов : методические указания / А. И. Арсирий, А. В. Фокин ; СПбГТИ(ТУ). Каф. хим. технологии тугоплав. неметал. и силикат. материалов. - СПб. : [б. и.], 2015. - 35 с. (ЭБ)

### **б) дополнительная литература:**

1. Лисиенко, В.Г. Вращающиеся печи: теплотехника, управление и экология [Текст] : справочное издание в 2-х книгах / В. Г. Лисиенко, Я. М. Щелоков, М. Г. Ладыгичев. - М. : Теплотехник. - 2004. - 588 с.

### **в) вспомогательная литература:**

1. Научно-технический и производственный журнал «Огнеупоры и техническая керамика».
2. Научно-технический и производственный журнал «Новые огнеупоры».
3. Научно-технический и производственный журнал «Стекло и керамика».
4. Научно-технический и производственный журнал «Цемент и его применение».
5. Василькова, С.Б. Расчет нагревательных и термических печей [] : справочник / С. Б. Василькова, М. М. Генкина, В. Л. Гусовский и др. ; под ред. В. М. Тымчака, В. Л. Гусовского. - М. : Metallurgia, 1983. - 480 с.
6. Баренбойм, А.М. Тепловые расчеты печей и сушилок силикатной промышленности : Учебное пособие для вузов по спец. "Технология силикатов" / А. М. Баренбойм, Т. М. Галиева, Д. Б. Гинзбург и др. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Стройиздат, 1964. - 496 с.

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

Учебный план, РПД и учебно-методические материалы: <http://media.technolog.edu.ru>

Электронно-библиотечные системы:

«Электронный читальный зал – БиблиоТех» <https://technolog.bibliotech.ru/>;  
«Лань» <https://e.lanbook.com/>.

## **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) 018-2014. Виды учебных занятий. Семинары и практические занятия. Общие требования к организации и проведению./ СПбГТИ(ТУ).- Введ. с 01.01.2014.- СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2014.- 16 с.
4. СТО СПбГТИ(ТУ) 044-2012. Виды учебных занятий. Курсовой проект. Курсовая работа. Общие требования./ СПбГТИ(ТУ).- Введ. с 01.06.2012.-СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2012.- 44 с.
5. 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.

6. 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.

Планирование времени, необходимого на изучение данной дисциплины, лучше всего осуществлять на весь семестр, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала.

В ходе лекционных занятий студенту необходимо готовить конспект лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать 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 студента 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. При этом на основе изучения рекомендованной литературы целесообразно составить конспект основных положений, терминов и определений, требующих запоминания и необходимых для освоения следующих разделов учебной дисциплины. 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.

Промежуточная аттестация по дисциплине – в конце 6 семестра в виде КП и экзамена в устной форме. Экзамен предусматривает проверку освоения предусмотренных элементов компетенций и включает 3 вопроса из различных тем пройденного материала. Время подготовки студента к устному ответу - до 45 мин.

Результаты экзамена включаются в приложение к диплому.

#### 10.1. Информационные технологии.

Чтение лекций с использованием слайд-презентаций, видеоматериалов, виртуальных лабораторий и баз данных.

#### 10.2. Программное обеспечение.

Представление лекционного материала:  
ОС – не ниже MS Windows XP SP3  
MS PowerPoint 97 и выше

#### 10.3. Информационные справочные системы.

Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU <http://elibrary.ru>

**11. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.**

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 20 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.

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

1. Учебная аудитория на 20 и более мест
2. Персональный компьютер.
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.**

Инвалиды и лица с ограниченными возможностями здоровья, допущенные по медицинским показаниям к обучению по направлению подготовки 18.03.01 Химическая технология, изучают дисциплину в полном объеме. Учебный процесс осуществляется в соответствии с "Положением об организации учебного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья ФГБОУ ВПО СПбГТИ(ТУ)", утвержденным ректором 28.08.2014.

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

**1. Перечень компетенций и этапов их формирования.**

<b>Компетенции</b>		
<b>Индекс</b>	<b>Формулировка</b>	<b>Этап формирования</b>
<b>ПК-3</b>	готовность использовать нормативные документы по качеству, стандартизации и сертификации продуктов и изделий, элементы экономического анализа в практической деятельности	промежуточный
<b>ПК-4</b>	способность принимать конкретные технические решения при разработке технологических процессов, выбирать технические средства и технологии с учетом экологических последствий их применения.	промежуточный
<b>ПК-11</b>	способность выявлять и устранять отклонения от режимов работы технологического оборудования и параметров технологического процесса	промежуточный

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

<b>Показатели оценки результатов освоения дисциплины</b>	<b>Планируемые результаты</b>	<b>Критерий оценивания</b>	<b>Компетенции</b>
Освоение раздела № 1	Знает типы тепловых процессов в силикатной промышленности, виды и роль тепловой обработки в различных силикатных производствах, основные элементы печей.	Правильные ответы на вопросы №1-3 к экзамену	ПК-3
Освоение раздела № 2	Знает способы передачи тепловой энергии, виды теплообмена, влияние на него различных факторов, аэродинамику печных газов при их естественном и принудительном движении.	Правильные ответы на вопросы № 4-14 к экзамену	ПК-3
Освоение раздела № 3	Знает области применения различных видов топлива в силикатной промышленности, процессы, протекающие при горении, способы сжигания топлива и основные конструкции топливо сжигающих устройств.	Правильные ответы на вопросы № 15-23 к экзамену	ПК-4
Освоение раздела № 4	Знает способы использования тепла отходящих газов, принципы работы и расчет теплообменных аппаратов и устройств.	Правильные ответы на вопросы № 24-28 к экзамену	ПК-4

Освоение раздела № 5	Знает особенности основных конструкций печей и высокотемпературных агрегатов, типы фундаментов, кладок, каркасов, типы огнеупорных и теплоизоляционных материалов, электронагревательных элементов печей.	Правильные ответы на вопросы № 29-33 к экзамену	ПК-4
Освоение раздела № 6	Знает общие принципы работы и параметры печей производства тугоплавких неметаллических и силикатных материалов.	Правильные ответы на вопросы № 34-58 к экзамену	ПК-11

Успешность усвоения дисциплины характеризуется качественной оценкой на основании таблицы оценки сформированности компетенций, включающего совокупность критериев их освоения и выражается оценкой по пятибалльной шкале.

Качество освоения дисциплины	Уровень освоения дисциплины	Отметка в 5-балльной системе	Критерии
81-100 %	высокий	отлично	Теоретическое содержание дисциплины освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, все предусмотренные рабочей программой дисциплины учебные задания выполнены.
66-80 %	средний	хорошо	Теоретическое содержание дисциплины освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно, все предусмотренные рабочей программой дисциплины учебные задания выполнены, некоторые виды заданий выполнены с ошибками
51-65 %	средний	удовлетворительно	Теоретическое содержание дисциплины освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных рабочей программой дисциплины учебных заданий выполнено, некоторые из выполненных заданий, возможно, содержат ошибки.
0-50 %	ниже среднего	неудовлетворительно	Теоретическое содержание дисциплины освоено частично, необходимые практические навыки работы не сформированы, большинство предусмотренных рабочей программой дисциплины учебных заданий не выполнено, не может объяснить результаты лабораторных работ, при дополнительной самостоятельной работе над материалом курса возможно повышение качества выполнения учебных заданий

### 3. Типовые контрольные задания для проведения промежуточной аттестации

### **3.1 Тема курсового проекта и этапы его выполнения**

Выбор конструкции и расчет основных параметров работы сушильного барабана.

Этапы проектирования

1. Выбор параметров работы сушильного барабана.
2. Определение основных требований к топливу для работы аппарата.
3. Расчет параметров сжигания топлива.
4. Разработка технологической схемы работы сушильного барабана.
5. Экономические показатели спроектированного аппарата.

Задание является индивидуальным и выдается руководителем.

### **3.2 Оценка сформированности элементов компетенции**

**а) Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у обучающегося по компетенции ПК-3:**

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.

**б) Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у обучающегося по компетенции ПК-4:**

15. Сжиганиегазообразного 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. Сжиганиетвердого 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.

**в) Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у обучающегося по компетенции ПК-11:**

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. Методические материалы для определения процедур оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.**

1. Положение о формах, периодичности и порядке проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в СПбГТИ(ТУ) (Утв. Приказом ректора СПбГТИ(ТУ) от 12.12.2014 № 463).

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

3. 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.