

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**  
**ТЕХНОЛОГИЯ ЭЛЕКТРОТЕРМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ**  
**(начало подготовки – 2017 год)**

Направление подготовки  
**18.03.01 Химическая технология**

Направленность программы бакалавриата  
**Химическая технология неорганических веществ**

Профессиональный модуль  
**Химическая технология неорганических веществ**

Квалификация

**Бакалавр**

Форма обучения

**Очная**

Факультет **химии веществ и материалов**

Кафедра **общей химической технологии и катализа**

Санкт-Петербург

2017

**Б1.В.ДВ.03.01.06**

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Должность	Подпись	Ученое звание, фамилия, инициалы
Разработчики		профессор Лавров Б.А. ст. преподаватель Мураховская Н.В.

Рабочая программа дисциплины «Технология электротермических производств»  
обсуждена на заседании кафедры общей химической технологии и катализа  
протокол от 19 октября 2016 № 5  
Заведующий кафедрой

Е.А. Власов

Одобрено учебно-методической комиссией факультета химии веществ и материалов  
протокол от 17 ноября 2016 № 3  
Председатель

С.Г. Изотова

## СОГЛАСОВАНО

Руководитель направления подготовки «Химическая технология» (неорганических веществ)		профессор А.А.Мальгин
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 .....	04
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.....	05
3. Объем дисциплины .....	05
4. Содержание дисциплины	
4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.....	05
4.2. Занятия лекционного типа.....	06
4.3. Занятия семинарского типа.....	07
4.3.1. Лабораторные занятия.....	07
4.4. Самостоятельная работа.....	08
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине .....	09
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.....	09
7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины .....	10
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины .....	11
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.....	11
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине	
10.1. Информационные технологии.....	11
10.2. Программное обеспечение.....	11
10.3. Информационные справочные системы.....	11
11. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.....	12
12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья .....	12

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:

<i>Коды компетенции</i>	Результаты освоения ООП (содержание компетенций)	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
<b>ПК-1</b>	способность и готовность осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции	<b>Знать:</b> физико-химические основы технологий электротермических производств <b>Уметь:</b> рассчитать электрические и технологические параметры основного оборудования электротермических производств. <b>Владеть:</b> профессиональным языком, основными терминами и определениями в области электротермических производств
<b>ПК-3</b>	готовность использовать нормативные документы по качеству, стандартизации и сертификации продуктов и изделий, элементы экономического анализа в практической деятельности	<b>Знать:</b> способы подготовки сырья, выделения и обогащения целевого продукта. <b>Уметь:</b> рассчитать оптимальный состав шихты для производства продуктов электротермических производств с учетом требований к исходному сырью и продуктам, а также основные параметры продукта. <b>Владеть:</b> навыками определения параметров электрооборудования с использованием нормативных документов (по маркировке, как пример).
<b>ПК-4</b>	способность принимать конкретные технические решения при разработке технологических процессов, выбирать технические средства и технологии с учетом экологических последствий их применения	<b>Знать:</b> принципы реализации технологического процесса с точки зрения современных требований к производству (с позиций экономической целесообразности и требований по защите окружающей среды). <b>Уметь:</b> разработать технологическую схему на заданную производительность, рассчитать параметры основного оборудования для технологической цепочки в целом. <b>Владеть:</b> современными методами контроля свойств исходных сырьевых материалов, готовой продукции, определения технологических параметров при высоких температурах и давлениях.

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.

Дисциплина относится к дисциплинам по профессиональному модулю по выбору (Б1.В. ДВ. 03.01.06) и изучается на 4 курсе в 7 семестре.

В методическом плане дисциплина опирается на элементы компетенций, сформированные при изучении дисциплин «Процессы и аппараты химической технологии», «Общая химическая технология». Полученные в процессе изучения дисциплины «Технология электротермических производств» знания, умения и навыки могут быть применены во время прохождения преддипломной практики 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)	4/ 144
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	<b>60</b>
занятия лекционного типа	18
занятия семинарского типа, в т.ч.	36
семинары, практические занятия	-
лабораторные работы	36
курсовое проектирование (КР или КП)	-
КСР	6
другие виды контактной работы	-
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>57</b>
<b>Форма текущего контроля</b> (Кр, реферат, РГР, эссе)	-
<b>Форма промежуточной аттестации</b> (КР, КП , зачет, экзамен)	экзамен (27),зачёт

## 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, акад. часы	Формируемые компетенции
			Семинары и/или практические	Лабораторные работы		
1.	Электрооборудование электротермических производств	3	-	10	10	ПК-1
2.	Электрические разряды в газах	2	-	8	9	ПК-1
3.	Технология графитации углеродистых материалов	2	-	-	8	ПК-1
4.	Технология фосфора и ферросплавов	4	-	10	10	ПК-1, ПК-3

5.	Технология карбида кальция	4	–	8	10	ПК-3, ПК-4
6.	Технология абразивных материалов	3	–	-	10	ПК-3, ПК-4

#### 4.2. Занятия лекционного типа.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Иновационная форма
1	<u>Электрооборудование электротермических производств.</u> Химическая электротермия как отрасль химической технологии. Основные преимущества и недостатки электронагрева. Цепи постоянного и переменного тока. Силовое оборудование электротермических производств. Измерительная аппаратура. Классификация печей в технологии электротермических производств.	3	Компьютерная презентация
2	<u>Электрические разряды в газах.</u> Ионизация частиц (электронов и ионов) в газах посредством авто-, фотоионизации, авто-, термо- и фотоэлектронной эмиссии. Понятия (не)самостоятельного разряда. Вольт-амперная характеристика разрядов в газах. Дуговой разряд. Дуговые и руднотермические печи (классификация, конструкция).	2	Компьютерная презентация
3	<u>Технология графитации углеродистых материалов.</u> Классификация углеграфитовых материалов, область их применения, характеристика. Тенденции в развитии производства углеграфитовых материалов. Сырьевые материалы и составление шихты для производства различных изделий. Естественные и искусственные углеродистые материалы (графиты, антрациты, коксы, сажи), способы их получения. Углеродистые связующие вещества (пек, синтетические смолы и т.д.), технологические основы их получения. Общая характеристика производства углеграфитовых материалов. Теоретические основы графитации.	2	Компьютерная презентация
4	<u>Технология фосфора и ферросплавов.</u> Сырье для производства. Технологическая схема производства. Расчет и составление шихты. Материальный и энергетический баланс производства фосфора. Зонное строение фосфорной печи (процессы в зонах печи, связь электрических, технологических и химических параметров). Конструкция фосфорной печи (корпус, футеровка, крышка, электроды, летки). Общие сведения о ферросплавах (феррофосфор, ферросилиций, металлический кремний). Конструкции печей, технологии производства.	4	Компьютерная презентация
5	<u>Технология карбида кальция.</u>	4	Компьютерная

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
	Структура потребления карбида кальция. Принципиальная схема производства. Физические свойства карбида кальция и его расплава. Химические свойства карбида кальция (термическое разложение, особенности реакции азотирования с образованием цианомида кальция). Механизм и кинетика реакции карбидообразования (теоретические представления, влияние различных факторов на кинетику процесса). Побочные процессы при производстве карбида кальция (реакции восстановления основных примесных оксидов). Требования к качеству продукции и сырьевых материалов. Подготовка сырья к плавке. Технология карбида кремния/бора. Общая характеристика карбидных печей. Работа карбидной печи как химического реактора.		презентация
6	<u>Технология абразивных материалов.</u> Продукция на основе абразивных материалов. Основные виды природных и искусственных абразивных материалов. Работа абразивного материала в зерне. Требования к абразивным материалам (твердость, прочность, самозатачивание зерен, химическая чистота и совершенство структуры, теплопроводность, термостойкость, химическая инертность). Основные свойства абразивных материалов и методы их оценки. Производство нормального электрокорунда, белого электрокорунда, монокорунда, карбида кремния, карбида бора (общая характеристика, основные принципы плавки, химический и минералогический состав, требования к качеству продукта)	3	Компьютерная презентация

### 4.3. Занятия семинарского типа.

#### 4.3.1. Лабораторные занятия.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Примечание
1	Расчет нагревателя. Определяют материал нагревателя, размеры, конструкцию, срок службы, исходя из мощности нагревателя и площади поверхности нагрева (при известном питающем напряжении и требуемой температуре в печи). Определение допустимой удельной поверхностной мощности.	4	Компьютерная симуляция

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Примечание
1	Расчет электрических характеристик печи и короткой сети (на примере печи по производству карбида кремния). Мощность трансформатора, коэффициент использования мощности. Определение геометрических параметров керна. Для расчета электрических параметров печи определяют активное сопротивление керна, что позволяет определить типоразмер трансформатора (по значениям рабочих напряжений).	6	Компьютерная симуляция
2	Анализ условий зажигания и устойчивого горения дуги. Получение вольт-амперной характеристики дуги (изменение тока приводит к изменению электрических свойств разрядного промежутка).	4	Лабораторные испытания, компьютерная симуляция
4	Материальный баланс производства фосфора с учетом предложенного химического состава шихты и модуля кислотности.	6	Компьютерная симуляция
4	Энергетический баланс производства фосфора с учетом данных материального баланса.	4	Компьютерная симуляция
5	Термодинамический анализ системы CaO-C. Термодинамический расчет системы при взаимодействии в твердой фазе, определение температуры начала карбидообразования. Термодинамический расчет при взаимодействии углерода с оксидно-карбидным расплавом. Определение зависимости равновесной концентрации карбида кальция от температуры.	4	Компьютерная симуляция
5	Определение литража карбида кальция в соответствии с ГОСТ 1460-81.	4	Лабораторные испытания

#### 4.4. Самостоятельная работа обучающихся.

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
1	Трансформаторы. Соединение обмоток печных трансформаторов.	6	Устный или письменный опрос
2	Коронный/ кистевой/ искровой разряд. Область существования.	6	Устный или письменный опрос
3	Современные представления процессов графитации.	6	Устный или



			письменный опрос
3	Пироуглерод / стеклоуглерод / углеродные волокна (ткани). Теоретические основы производства.	6	Устный или письменный опрос
4	Контроль параметров электропечного производства.	7	Устный или письменный опрос
5	Экологические аспекты производства карбида кальция. Методы очистки реакционных газов карбидных печей.	6	Устный или письменный опрос
5	Производство карбида кремния / карбида бора. Основы технологии производства.	6	Устный или письменный опрос
6	Природные абразивные материалы.	2	Устный или письменный опрос
6	Взаимосвязь твердости и прочности материалов с их кристаллической структурой и строением атомов.	6	Устный или письменный опрос
6	Характеристики шлифзерна, шлифпорошков и микропорошков.	6	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: <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 зачета (7 семестр).

К прохождению промежуточной аттестации допускаются студенты, выполнившие все формы текущего контроля.

Экзамен предусматривают выборочную проверку освоения предусмотренных элементов компетенций и комплектуется вопросами (заданиями) двух видов: теоретический вопрос (для проверки знаний) и комплексная задача (для проверки умений и навыков).

При сдаче экзамена, студент получает два вопроса из перечня вопросов, время подготовки студента к устному ответу - 45 мин.

Зачет предусматривают выборочную проверку освоения предусмотренных элементов компетенций и комплектуется вопросами (заданиями) двух видов: теоретический вопрос (для проверки знаний) и, вопрос, направленный на проверку умений и навыков.

При сдаче зачета, студент получает два вопроса из перечня вопросов, время подготовки студента к устному ответу - до 30 мин.

Пример варианта вопросов на экзамене:

Вариант № 1

1. Силовое оборудование электротермических установок.
2. Описание технологического процесса карбида кальция (с краткой характеристикой оборудования).

Пример вариант вопросов на зачете:

Вариант № 1

1. Физико-химические основы процесса паровой конверсии природного газа
2. Расчёт материального баланса узла смешения потоков в колонне синтеза метанола с промежуточным вводом байпаса.

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

### а) основная литература:

1. Лавров, Б.А. Химическая технология неорганических веществ: учебное пособие / Б.А. Лавров. – СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2015. – 1275 с.
2. Лавров, Б.А. Теоретические основы химической технологии: учебное пособие / Б.А. Лавров. – СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2015. – 136 с. (ЭБ)
3. Лавров, Б.А. Физическая химия расплавов: учебное пособие / Б.А. Лавров, Ю.П. Удалов. – СПб.: Проспект науки, 2013. – 176 с.
4. Удалов, Ю.П. Применение программных комплексов вычислительной и геометрической термодинамики в проектировании технологических процессов неорганических веществ: учебное пособие / Ю. П. Удалов. – СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2012. – 150 с. (ЭБ)

### б) дополнительная литература:

1. Электротермические процессы и реакторы: учебное пособие / С. П. Богданов, К. Б. Козлов, Б. А. Лавров, Э. Я. Соловейчик. – СПб.: Проспект Науки, 2009. – 424 с.
2. Лавров, Б.А. Электрические характеристики руднотермической печи: методические указания к лабораторной работе / Б.А. Лавров, К.Б. Козлов. – СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2006. – 14 с.
3. Луцко, Ф.Н. Химико-технологические расчеты с применением *MathCAD*: учебное пособие/ Ф.Н. Луцко, В.Е. Сороко, А.Н. Прокопенко; СПбГТИ(ТУ).- СПб., 2006.– 456 с.
4. Богданов, С.П. Электрические модели в руднотермических процессах: методические указания / С.П. Богданов. – СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2006. (ЭБ)
5. Богданов, С.П. Расчет печей сопротивления: методические указания / С.П. Богданов. – СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2006. (ЭБ)
6. Богданов, С.П. Расчет дуговых сталеплавильных печей: методические указания / С.П. Богданов. – СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2006. (ЭБ)
7. Богданов, С.П. Рентгеноструктурный анализ углеродистых материалов: методические указания / С.П. Богданов. – СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2013.– 26 с. (ЭБ)

8. Богданов, С.П. Расчет руднотермических печей: методические указания / С.П. Богданов. – СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2011.– 36 с. (ЭБ)

9. Козлов, К.Б. Проектирование печей химической электротермии. Часть 1. Общие вопросы. Расчет электрических и геометрических параметров печных установок: методические указания / К.Б. Козлов, Б.А. Лавров, С.П. Богданов. – СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2006.– 32 с. (ЭБ)

## **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/books/>.

## **9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.**

Все виды занятий по дисциплине «Технология электротермических производств» проводятся в соответствии с требованиями следующих СТП:

СТП СПбГТИ 040-02. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Лекция. Общие требования;

СТО СПбГТИ 020-2011. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Лабораторные занятия. Общие требования к организации и проведению.

СТП СПбГТИ 048-2009. КС УКВД. Виды учебных занятий. Самостоятельная планируемая работа студентов. Общие требования к организации и проведению.

СТП СПбГТИ 016-2014. КС УКВД. Порядок проведения зачетов и экзаменов.

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

Основными условиями правильной организации учебного процесса для студентов является: плановость в организации учебной работы; серьезное отношение к изучению материала; постоянный самоконтроль.

На занятия студент должен приходить, имея багаж знаний и вопросов по уже изученному материалу.

## **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 электронной почты.

### **10.2. Программное обеспечение.**

пакеты прикладных программ стандартного набора (Microsoft Office, MathCAD);

прикладное программное обеспечение анализа изображений;

информационно - справочные системы (IVTANTERMO for windows)

### **10.3. Информационные справочные системы.**

Справочно-поисковая система «Консультант-Плюс»

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

Кафедра Общей химической технологии и катализа оснащена необходимым научно-исследовательским оборудованием, измерительными и вычислительными комплексами и другим материально-техническим обеспечением, необходимым для полноценного проведения лабораторных работ, существует возможность использования оборудования Центров коллективного пользования СПбГТИ(ТУ) и Лаборатории каталитических технологий. Компьютеры кафедры соединены в локальную вычислительную сеть с выходом в Интернет через отдельный сервер, подключенный к сети института.

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

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

**Фонд оценочных средств  
для проведения промежуточной аттестации по  
дисциплине «Технология электротермических производств»**

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

<b>Компетенции</b>		
<b>Индекс</b>	<b>Формулировка</b>	<b>Этап формирования</b>
ПК-1	<b>способность и готовность осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции</b>	Промежуточный
ПК-3	<b>готовность использовать нормативные документы по качеству, стандартизации и сертификации продуктов и изделий, элементы экономического анализа в практической деятельности</b>	Промежуточный
ПК-4	<b>способность принимать конкретные технические решения при разработке технологических процессов, выбирать технические средства и технологии с учетом экологических последствий их применения</b>	Промежуточный

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

Показатели оценки результатов освоения дисциплины	Планируемые результаты	Критерий оценивания	Компетенции
Освоение раздела № 1	<b>Знает</b> основные преимущества и недостатки электронагрева; классификацию печей в технологии электротермических производств.  <b>Умеет</b> произвести расчет электрических характеристик печи и короткой сети; определять мощность трансформатора для производства.  <b>Владеет</b> профессиональным языком, основными терминами и определениями в области электротермических производств; методами расчета электрических параметров основного оборудования электротермических производств.	Правильные ответы на вопросы № 1–9 к экзамену. Правильные ответы на вопросы № 1–10 к зачёту.	ПК-1
Освоение раздела № 2	<b>Знает</b> принцип возникновения электрических разрядов в газах; понятия: (не)самостоятельный разряд, дуговой разряд;	Правильные ответы на вопросы	ПК-1

	<p>принцип действия дуговых печей.</p> <p><b>Умеет</b> представить вольт-амперную характеристику разрядов в газах.</p>	<p>№ 10–16 к экзамену.</p> <p>Правильные ответы на вопросы № 1-10 к зачёту.</p>	
Освоение раздела № 3	<p><b>Знает</b> классификацию углеграфитовых материалов, область их применения, характеристики; общую характеристику производства углеграфитовых материалов.</p> <p><b>Умеет</b> производить расчет параметров керна.</p>	<p>Правильные ответы на вопросы № 17–20 к экзамену</p>	ПК-1
Освоение раздела № 4	<p><b>Знает</b> основы технологии фосфора и ферросплавов; зонное строение фосфорной печи (процессы в зонах печи, связь электрических, технологических и химических параметров); конструкцию фосфорной печи (корпус, футеровка, крышка, электроды, летки).</p> <p><b>Умеет</b> произвести расчет материального и энергетического баланса производства фосфора.</p> <p><b>Владеет</b> общими представлениями о ферросплавах (феррофосфор, ферросилиций, металлический кремний).</p>	<p>Правильные ответы на вопросы № 21–49 к экзамену.</p> <p>Правильные ответы на вопросы № 1-10 к зачёту.</p>	ПК-1, ПК-3
Освоение раздела № 5	<p><b>Знает</b> принципиальную схему производства; физические свойства карбида кальция и его расплава; химические свойства карбида кальция; побочные процессы при производстве карбида кальция (реакции восстановления основных примесных оксидов); требования к качеству продукции и сырьевым материалам; работу карбидной печи как химического реактора.</p> <p><b>Умеет</b> на основании термодинамических расчетов рассчитать равновесный состав в системе CaO-C и произвести обоснование полученных экспериментальных результатов с учетом существующей технологии.</p>	<p>Правильные ответы на вопросы № 50–53, 57-63 к экзамену.</p> <p>Правильные ответы на вопросы № 1-10 к зачёту.</p>	ПК-3, ПК-4
Освоение раздела № 6	<p><b>Знает</b> основные виды природных и искусственных абразивных материалов; какие требования предъявляются к абразивным материалам (твёрдость, прочность, самозатачивание зерен, химическая чистота и совершенство структуры, теплопроводность, термостойкость, химическая инертность); основные свойства абразивных материалов и методы их оценки; знает основы технологии производства нормального электрокорунда, белого электрокорунда, монокорунда, карбида кремния, карбида бора</p> <p><b>Умеет</b> определять основную характеристику качества карбида кальция-литраж.</p>	<p>Правильные ответы на вопросы № 54–56, 64-67 к экзамену.</p>	ПК-3, ПК-4

Шкала оценивания соответствует СТО СПбГТИ(ТУ):  
по дисциплине промежуточная аттестация проводится в форме экзамена, результат оценивания – балльная система, в форме зачета, результат оценивания – «зачтено», «не зачтено».

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

#### **3.1 Типовые контрольные вопросы к экзамену:**

##### **а) Вопросы для оценки сформированности элементов компетенции ПК-1:**

3. Цепи постоянного и переменного тока.
4. Коэффициент мощности. Физический смысл.
5. Трехфазная система соединения проводников (схемы). Преимущества и недостатки.
6. Силовое оборудование электротермических установок.
7. Короткая сеть и ее элементы.
8. Электродинамические эффекты, их влияние на электрические характеристики электропечной установки.
9. Аварийные свехтоки и их отключение.
10. Трансформаторы электропечных установок, их характеристики.
11. Классификация и маркировка печей сопротивления.
12. Электрические разряды в газах. Классификация.
13. Обобщенная вольт-амперная характеристика разрядов в газах.
14. Дуговой разряд. Дуга постоянного тока.
15. Дуговой разряд. Дуга переменного тока.
16. Условия зажигания и устойчивого горения дуги.
17. Дуговые печи (предназначение, классификация).
18. Конструкция и механизмы дуговых печей.
19. Новые виды углеродистых материалов.
20. Проблемы сырья и энергетики в производстве углеродистых материалов.
21. Совмещенный обжиг и графитация.
22. Наноразмерный углерод (виды, способы получения, области применения).
23. Устройство фосфорной печи.
24. Электроды и электрододержатели.
25. Ферросплавы, применение в промышленности.
26. Коксование электродов.
27. Шлаковые и феррофосфорные летки.
28. Процессы, протекающие в IV и V зоне.
29. Энергетический баланс.
30. Процессы, протекающие во II зоне.
31. Устройство кожуха печи.
32. Процессы, протекающие в III зоне.
33. Строение реакционного пространства печи.
34. Связь электрических, технологических и геометрических параметров печи.
35. Процессы, протекающие в I зоне.
36. Принципиальная схема производства фосфора.
37. Крышка печи для производства фосфора.
38. Конструкция фосфорной печи.
39. Футеровка печи для производства фосфора.
40. Кремний металлический, технология получения.
41. Ферросплавы, применение в промышленности.

##### **б) Вопросы для оценки сформированности элементов компетенции ПК-3:**

42. Термическая подготовка сырья.
43. Требования к шихте (на примере производства).
44. Сырье для производства фосфора.

45. Агломерация.
46. Способы укрупнения сырьевой мелочи.
47. Окатывание.
48. Принципиальная схема производства фосфора.
49. Расчет и составление шихты (технология фосфора).
50. Ферросилиций. Технология производства.
51. Феррохром. Технология производства.
52. Характеристика карбида кальция и требования к нему, его основные свойства и области применения, требования к сырью. Технология цианмида кальция и технических цианидов (характеристика продукта и требования к нему, его основные свойства и области применения, требования к сырью).
53. Технология нормального электрокорунда (характеристика НЭК и требования к нему, его основные свойства и области применения, требования к сырью и его подготовке).
54. Технология карбида кремния (характеристика карбида кремния и требования к нему, его основные свойства и области применения, требования к сырью и его подготовке).
55. Технология карбида бора (характеристика продукта, его основные свойства и области применения, требования к сырью и его подготовке).
56. Технология белого электрокорунда (характеристика БЭК и требования к нему, его основные свойства и области применения, требования к сырью).
57. Технология легированных электрокорундов и циркониевого электрокорунда (характеристика продукта и требования к нему, его основные свойства и области применения, требования к сырью).
58. Технология монокорунда (характеристика продукта, его основные свойства и области применения, требования к сырью и его подготовке).

**в) Вопросы для оценки сформированности элементов компетенции ПК-4:**

59. Зонное строение ванны карбидной печи. Характеристика зон и их роль в процессе.
60. Механизм карбидообразования в технологии карбида кальция.
61. Описание технологического процесса карбида кальция (с краткой характеристикой оборудования).
62. Технология цианмида кальция (основные химические реакции, описание технологического процесса с краткой характеристикой оборудования).
63. Описание технологического процесса получения нормального электрокорунда (с краткой характеристикой оборудования).
64. Технология карбида кремния (основные химические реакции, описание технологического процесса с краткой характеристикой оборудования).
65. Технология карбида бора (основные химические реакции, описание технологического процесса с краткой характеристикой оборудования).
66. Технология нормального электрокорунда (основные химические реакции, описание технологического процесса с краткой характеристикой оборудования).
67. Технология белого электрокорунда (описание технологического процесса с краткой характеристикой оборудования).
68. Технология легированных электрокорундов и циркониевого электрокорунда (описание технологического процесса с краткой характеристикой оборудования).
69. Технология монокорунда (основные химические реакции, описание технологического процесса с краткой характеристикой оборудования).

**3.2 Типовые контрольные вопросы к зачёту (ПК-1, ПК-3, ПК-4):**

1. Расчет электрических характеристик печи и короткой сети.
2. Мощность трансформатора, коэффициент использования мощности.



3. Условия зажигания и устойчивого горения дуги.
4. Вольт-амперная характеристика дуги
5. Материальный баланс производства фосфора с учетом предложенного химического состава шихты и модуля кислотности.
6. Энергетический баланс производства фосфора с учетом данных материального баланса.
7. Термодинамический анализ системы CaO-C.
8. Термодинамический расчет системы при взаимодействии в твердой фазе, определение температуры начала карбидообразования.
9. Термодинамический расчет при взаимодействии углерода с оксидно-карбидным расплавом.
10. Определение зависимости равновесной концентрации карбида кальция от температуры

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

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

К зачету допускаются студенты, выполнившие все формы текущего контроля. При сдаче зачета, студент получает два вопроса из перечня, приведенного выше.

Время подготовки студента к устному ответу на вопросы - до 30 мин.

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

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в соответствии с требованиями «Положения о формах, периодичности и порядке проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся» ( Приказ ректора от 12.12.2014 № 463) и СТО СПбГТИ(ТУ) 016-2015. КС УКДВ. Порядок проведения зачетов и экзаменов.

**Рабочая программа дисциплины**  
**ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ**  
**(начало подготовки – 2017 год)**

Направление подготовки  
**18.03.01 Химическая технология**

Направленность программы бакалавриата  
**Химическая технология неорганических веществ**

Профессиональный модуль  
**Химическая технология неорганических веществ**  
Квалификация  
**Бакалавр**

Форма обучения

**Очная**

Факультет **химии веществ и материалов**  
Кафедра **общей химической технологии и катализа**

Санкт-Петербург  
2017

**Б1.В.ДВ.03.01.07**

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Должность	Подпись	Ученое звание, фамилия, инициалы
Разработчики		Ст.н.с. Пахомов Н.А.

Рабочая программа дисциплины «Научные основы катализа и адсорбции» обсуждена на заседании кафедры общей химической технологии и катализа  
протокол от 19 октября 2016 № 5  
Заведующий кафедрой

Е.А. Власов

Одобрено учебно-методической комиссией факультета химии веществ и материалов  
протокол от 17 ноября 2016 № 3  
Председатель

С.Г. Изотова

## СОГЛАСОВАНО

Руководитель направления подготовки «Химическая технология» (неорганических веществ)		профессор А.А.Мальгин
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 .....	04
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.....	05
3. Объем дисциплины .....	06
4. Содержание дисциплины	
4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.....	06
4.2. Занятия лекционного типа.....	07
4.3. Занятия семинарского типа.....	09
4.3.1. Семинары, практические занятия .....	09
4.4. Самостоятельная работа.....	10
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине .....	11
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.....	11
7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины .....	12
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины .....	13
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.....	13
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине	
10.1. Информационные технологии.....	13
10.2. Программное обеспечение.....	13
10.3. Информационные справочные системы.....	13
11. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.....	13
12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья .....	13

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:

Коды компетенции	Результаты освоения ООП (содержание компетенций)	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
ПК-3	готовностью использовать нормативные документы по качеству, стандартизации и сертификации продуктов и изделий, элементы экономического анализа в практической деятельности	<b>Знать:</b> свойства и назначение материалов, используемых для изготовления технологического оборудования,. <b>Уметь:</b> обосновать выбор материалов и оборудования для осуществления конкретных технологий процесса; <b>Владеть:</b> методами расчета и подбора материалов и оборудования при проектной проработке технологических схем
ПК-4	способностью принимать конкретные технические решения при разработке технологических процессов, выбирать технические средства и технологии с учетом экологических последствий их применения	<b>Знать:</b> функциональное назначение аппаратов и основные конструктивные особенности технологического оборудования <b>Уметь:</b> рассчитывать основные характеристики химического процесса, выбирать рациональную схему производства заданного продукта <b>Владеть:</b> пакетами прикладных программ для моделирования химико-технологических процессов
ПК-8	готовность к освоению и эксплуатации вновь вводимого оборудования	<b>Уметь</b> Обеспечивать безаварийное функционирование технологического оборудования
ПК-9	способность анализировать техническую документацию, подбирать оборудование, готовить заявки на приобретение и ремонт оборудования	<b>Владеть:</b> навыками работы с технологическими регламентами
ПК-11	способность выявлять и устранять отклонения от режимов работы технологического оборудования и параметров технологического процесса	<b>Владеть:</b> Навыками обнаружения неисправностей в работе оборудования

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.

Дисциплина «Технологическое оборудование» относится к дисциплинам профессионального модуля по выбору ( Б1.В.ДВ.03.01.07). Дисциплина преподается в 8 семестре на 4 курсе.

Учебный курс «Технологическое оборудование» излагается с учетом знаний, полученных студентами в процессе изучения таких дисциплин как математика, физика, общая и неорганическая химия, физическая химия, коллоидная химия, экология, общая химическая технология и всех предшествующих дисциплин профессионального модуля «Химическая технология неорганических веществ»

## 3. Объем дисциплины

Вид учебной работы	Всего, академических часов
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b> (зачетных единиц/ академических часов)	8/ 144
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	<b>84</b>
занятия лекционного типа	24
занятия семинарского типа, в т.ч.	48
семинары, практические занятия	24
лабораторные работы	24
курсовое проектирование (КР или КП)	КП
КСР	12
другие виды контактной работы	–
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>60</b>
<b>Форма текущего контроля</b> (Кр, реферат, РГР, эссе)	
<b>Форма промежуточной аттестации</b> (КР, КП, зачет, экзамен)	Зачёт, КП

## 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
			Семинары и/или практические занятия	Лабораторные работы		
1.	Конструкционные материалы химического машиностроения.	2	2	2	12	ПК-3 ПК-4
2.	Реакторы для жидкофазных процессов	4	6	8	12	ПК-3 ПК-8
3	Аппараты для сгущения и разделения суспензий	6	2	6	12	ПК-3 ПК-9

4.	Оборудование для сушки и термообработки	4	6	4	12	ПК-3 ПК-11
5.	Механическая обработка материалов	8	8	4	12	ПК-3

#### 4.2. Занятия лекционного типа.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Иновационная форма
1	<u>Конструкционные материалы химического машиностроения.</u> Общая характеристика катализаторных производств. Основные требования к оборудованию. Черные и цветные металлы, полимерные, композиционные и минерало-силикатные материалы. Легирующие материалы, области применения легированных сталей, чугунов и металлов. Неметаллические конструктивные покрытия: неорганические коррозионно-устойчивые материалы (андезит, асбест, диабаз, базальт), кислотоупорная керамика, фарфор; вяжущие материалы, конструктивные материалы на органической основе (пластмассы, клеи, резина, битум, графит, древесина). Основные направления в области совершенствования металлических и неметаллических материалов, применяемых в химической промышленности. Характер коррозионных разрушений металлов и сплавов.	2	Компьютерная презентация
2	<u>Реакторы для жидкофазных процессов.</u> Емкостные аппараты, теплообменные устройства, оборудование для перемешивания. Реакторы периодического действия. Гидравлические, вибрационные (колебательные) и пневматические перемешивающие устройства. Элементы технологического и теплотехнического расчета реакторов периодического действия с мешалками. Обобщенный экономический критерий эффективности применения реактора периодического действия	4	Компьютерная презентация
3	<u>Аппараты для сгущения и разделения суспензий.</u> Отстойники, гидроциклоны, фильтры, центрифуги. Промывка, пропитка. Операции сгущения, разделения суспензий, промывки осадков в катализаторных производствах. Репульпационная промывка. Промывка фильтрованием и во взвешенном состоянии. Пути повышения эффективности промывки. Практика непрерывного отмывания сгущенных мелкозернистых алюмосиликатных суспензий и конструкция многоступенчатого аппарата динамического действия. Применение центрифуг для отмывки. Применение гидроциклонов для классификации	6	Компьютерная презентация

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Иновационная форма
	суспензий.		
4	<p><u>Оборудование для сушки и термообработки</u>  Общие сведения об оборудовании для сушки и термообработки катализаторов. Области применения сушилок разных конструкций. Анализ работы распылительных сушилок и сушилок с кипящим слоем. Радиационно-конвективные сушилки. Рекомендации по расчету сушилок. Основные конструкции прокаленных печей. Шахтные прокалочные печи. Анализ их работы. Печи КС с радиационно-конвективным нагревом слоя. Вспомогательное оборудование сушильных установок. Воздухоподогреватели, топки. Последовательность полного расчета прокалочных печей и установок.</p>	4	Компьютерная презентация
5	<p><b>Механическая обработка материалов</b>  Хранение, транспортирование, дробление, измельчение, классификация, питание, дозирование, смешение, формование. Представление об оборудовании складов. Общие сведения о механических процессах в производстве катализаторов. Основные конструкции питателей и дозаторов. Их роль в обеспечении надежности работы оборудования. Конструкции затворов. Смесители. Конструкции и анализ работы смесителей периодического и непрерывного действия. Щековые и валковые дробилки. Рациональные режимы их работы. Устройство основных типов шаровых мельниц. Мельницы для сверхтонкого измельчения. Схемы работы струйных мельниц. Устройства для формования и гранулирования. Тарельчатые грануляторы. Шарикоделательные машины. Подготовка порошков для таблетирования. Конструкции уплотнителей-грануляторов. Устройство шнековых прессов для формования цилиндрических гранул. Применение вакуумирования при экструзионном формовании. Виды прессования. Основные типы таблеточных машин. Кривошипно-шатунные таблеточные машины. Перспективы применения гидравлических таблеточных машин для формования блочных катализаторов. Устройства для подготовки каркасных катализаторов.</p>	8	Компьютерная презентация



### 4.3. Занятия семинарского типа.

#### 4.3.1. Семинары, практические занятия.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
1	Расчёт механической прочности материала	2	-
2	Расчет нестационарного реактора с мешалкой на примере жидкофазного процесса получения катализатора методом осаждения	6	Компьютерная симуляция
3	Расчет размеров отстойника	2	-
4	Расчет сушильного аппарата «кипящего слоя»	6	Компьютерная симуляция
5	Ориентировочные расчеты производительности различных типов машин для измельчения и классификации материалов	4	-
5	Расчет производительности прессы для формования катализаторных паст	4	-

#### 4.3.2. Лабораторные занятия.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
1	Определение прочности конструкционных материалов на истирание	2	-
2	Исследование процесса синтеза гидроксида железа, объема и числа реакторов в каскаде реакторов с мешалкой	8	Компьютерная симуляция
3	Исследование процессов разделения суспензий	6	-
4	Исследование процесса сушки материала	4	-
5	Исследование процесса таблетирования гранул катализатора	4	-

#### 4.4. Самостоятельная работа обучающихся.

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
1	Легирующие материалы, области применения легированных сталей, чугунов и металлов.	6	Тест №1
1	Неметаллические конструктивные покрытия: неорганические коррозионно-устойчивые материалы. Характер коррозионных разрушений металлов и сплавов.	6	Тест №1
2	Гидравлические, вибрационные (колебательные) и пневматические перемешивающие устройства	6	Тест №2

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
2	Элементы технологического и теплотехнического расчета реакторов периодического действия с мешалками.	6	Тест №2
3	Репульсионная промывка. Промывка фильтрованием и во взвешенном состоянии.	6	Тест №3
3	Пути повышения эффективности промывки. Практика непрерывного отмывания сгущенных мелкозернистых алюмосиликатных суспензий и конструкция многоступенчатого аппарата динамического действия. Применение центрифуг для отмывки. Применение гидроциклонов для классификации суспензий.	6	Тест №3
4	Радиационно-конвективные сушилки. Рекомендации по расчету сушилок. Основные конструкции прокаленных печей.	6	Тест №4
4	Шахтные прокалочные печи. Анализ их работы. Печи КС с радиационно-конвективным нагревом слоя. Вспомогательное оборудование сушильных установок. Оздухоподогреватели, топки. Последовательность полного расчета прокалочных печей и установок.	6	Тест №4
5	Перспективы применения гидравлических таблеточных машин для формования блочных катализаторов. Устройства для подготовки каркасных катализаторов.	6	Тест №5
5	Применение вакуумирования при экструзионном формовании. Виды прессования. Основные типы таблеточных машин. Кривошипно-шатунные таблеточные машины.	6	Тест №5

#### **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 СПбГИ(ТУ) на сайте: <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 зачета (8 семестр).

К прохождению промежуточной аттестации допускаются студенты, выполнившие все формы текущего контроля.

Зачет предусматривают выборочную проверку освоения предусмотренных элементов компетенций и комплектуется вопросами (заданиями) двух видов: теоретический вопрос (для проверки знаний) и, вопрос, направленный на проверку умений и навыков.

При сдаче зачета, студент получает два вопроса из перечня вопросов, время подготовки студента к устному ответу - до 30 мин.

Пример вариант вопросов на зачете:

Вариант № 1

1. Классификация конструкций печей
2. Нарисуйте эскиз прокалочной печи с конвективно – радиационным нагревом кипящего слоя

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

### а) основная литература:

1. Поникаров, И. И. Конструирование и расчет элементов химического оборудования: Учебник для вузов по спец. 240801 "Машины и аппараты химических производств" и 130603 "Оборудование нефтегазопереработки" / И. И. Поникаров, С. И. Поникаров. – М.: Альфа-М, 2010. – 379 с.
2. Расчет и конструирование машин и аппаратов химических производств. Примеры и задачи: Учебное пособие для втузов / М. Ф. Михалев, Н. П. Третьяков, А. И. Мильченко, В. В. Зобнин; под ред. М. Ф. Михалева. - 2-е изд., испр. и доп. - М. : Арис, 2010. - 309 с
3. Оборудование химических производств. Атлас конструкций [Текст]: учебное пособие для вузов по спец. "Машины и аппараты химических производств" направления подготовки "Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии" / А. И. Леонтьева, Н. П. Утробин, К. В. Брянкин, В. С. Орехов. - М. : КолосС, 2009. - 176 с
4. Луцко, Ф. Н. Атлас оборудования катализаторных производств: методические указания / Ф. Н. Луцко ; СПбГТИ(ТУ). Каф. технологии катализаторов. - СПб. : [б. и.], 2010. - 159 с.
5. Луцко, Ф. Н. Атлас вспомогательного оборудования катализаторных производств: методические указания / Ф. Н. Луцко ; СПбГТИ(ТУ). Каф. технологии катализаторов. - СПб. : [б. и.], 2011. - 67 с.
6. Правдин, Н. Н. Основы проектирования и оборудование. Базовый курс: Учебное пособие для заочной формы обучения специальности "Химическая технология неорганических веществ" / Н. Н. Правдин, А. К. Хомич, М. А. Шапкин ; СПбГТИ(ТУ). Каф. технологии неорган. веществ и хим. удобрений. - СПб. : [б. и.], 2010. - 103 с

### б) дополнительная литература:

1. Луцко, Ф. Н. Химико-технологические расчеты с применением *MathCAD* : учебное пособие / Ф. Н. Луцко, В. Е. Сороко, А.Н. Прокопенко. – СПб : СПбГТИ(ТУ), 2006. – 456 с.
2. Касаткин, А. Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. Учебник для вузов. Издание 12-ое, стер. дораб. / А. Г. Касаткин. М. : Альянс, 2005. – 750 с.

### в) вспомогательная литература:

1. Технология катализаторов / И. П. Мухленов и [ др. ] ; под ред. И. П. Мухленова. – 3-е изд., перераб. – Л. : Химия, 1989. – 272 с.

2. Карелин, В. Я. Насосы и насосные станции : учеб. для вузов / В. Я. Карелин, А. В. Минаев ; – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Стройиздат, 1986. – 320 с.
3. Поникаров, И. И. Машины и аппараты химических производств : учебник / И. И. Поникаров [ и др. ] ; – М. : Машиностроение, 1989. – 368 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/>;

ЭБС «Лань» <https://e.lanbook.com/books/>.

Полнотекстовая коллекция (база данных) электронных книг издательства Springer Nature с 2011 по 2017 год (46332 книги). <http://link.springer.com/>

База данных REAXYS . [www.reaxys.com](http://www.reaxys.com)

## **9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.**

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

СТП СПбГТИ 040-02. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Лекция. Общие требования;

СТО СПбГТИ 018-2014. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Семинары и практические занятия. Общие требования к организации и проведению.

СТП СПбГТИ 048-2009. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Самостоятельная планируемая работа студентов. Общие требования к организации и проведению.

СТО СПбГТИ (ТУ) 044 – 2012. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Курсовой проект. Курсовая работа. Общие требования.

СТП СПбГТИ 016-2014. КС УКДВ. Порядок проведения зачетов и экзаменов.

Основными условиями правильной организации учебного процесса для студентов является:

плановость в организации учебной работы;

серьезное отношение к изучению материала;

постоянный самоконтроль.

На занятия студент должен приходить, имея багаж знаний и вопросов по уже изученному материалу.

## **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 с использованием системы Moodle.

взаимодействие с обучающимися посредством электронной почты.

### **10.2. Программное обеспечение.**

Пакеты прикладных программ стандартного набора (Libre Office, MathCAD);

### **10.3. Информационные справочные системы.**

Справочно-поисковая система «Консультант-плюс»

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

Кафедра Общей химической технологии и катализа оснащена необходимым научно-исследовательским оборудованием, измерительными и вычислительными комплексами и другим материально-техническим обеспечением, необходимым для полноценного лабораторных работ, существует возможность использования оборудования Центров коллективного пользования СПбГТИ(ТУ) и Лаборатории каталитических технологий. Компьютеры кафедры и аудиторий №205, 209, 210 соединены в локальную вычислительную сеть с выходом в Интернет через отдельный сервер, подключенный к сети института.

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

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

**Фонд оценочных средств  
для проведения промежуточной аттестации по  
дисциплине «Технологическое оборудование»**

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

<b>Компетенции</b>		
<b>Индекс</b>	<b>Формулировка</b>	<b>Этап формирования</b>
<b>ПК-3</b>	<b>готовность использовать нормативные документы по качеству, стандартизации и сертификации продуктов и изделий, элементы экономического анализа в практической деятельности</b>	промежуточный
<b>ПК-4</b>	<b>способность принимать конкретные технические решения при разработке технологических процессов, выбирать технические средства и технологии с учетом экологических последствий их применения</b>	промежуточный
<b>ПК-8</b>	<b>готовность к освоению и эксплуатации вновь вводимого оборудования</b>	промежуточный
<b>ПК-9</b>	<b>способность анализировать техническую документацию, подбирать оборудование, готовить заявки на приобретение и ремонт оборудования</b>	промежуточный
<b>ПК-11</b>	<b>способность выявлять и устранять отклонения от режимов работы технологического оборудования и параметров технологического процесса</b>	промежуточный

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

Показатели оценки результатов освоения дисциплины	Планируемые результаты	Критерий оценивания	Компетенции
Освоение раздела № 1	Знает свойства и назначение материалов, используемых для изготовления технологического оборудования	Правильные ответы на вопросы №1-39 к зачёту, выполнение курсового проекта	ПК-3
	Знает функциональное назначение аппаратов и основные конструктивные особенности	Правильные ответы на вопросы №40-46 к зачёту, выполнение курсового проекта	ПК-4

Показатели оценки результатов освоения дисциплины	Планируемые результаты	Критерий оценивания	Компетенции
	технологического оборудования		
Освоение раздела №2	Умеет обосновать выбор материалов и оборудования для осуществления конкретных технологий процесса	Правильные ответы на вопросы №1-39 к зачёту, выполнение курсового проекта	ПК-3
	Умеет обеспечивать безаварийное функционирование технологического оборудования	Правильные ответы на вопросы №47-75 к зачёту, выполнение курсового проекта	ПК-8
Освоение раздела № 3	Владеет методами расчета и подбора материалов и оборудования при проектной проработке технологических схем	Правильные ответы на вопросы №1-39 к зачёту, выполнение курсового проекта	ПК-3
	Владеет навыками работы с технологическими регламентами	Правильные ответы на вопросы №76-86 к зачёту, выполнение курсового проекта	ПК-9
Освоение раздела №4	Владеет методами расчета и подбора материалов и оборудования при проектной проработке технологических схем	Правильные ответы на вопросы №1-39 к зачёту, выполнение курсового проекта	ПК-3
	Владеет навыками обнаружения неисправностей в работе оборудования	Правильные ответы на вопросы №47-75 к зачёту, выполнение курсового проекта	ПК-11
Освоение раздела № 5	Владеет методами расчета и подбора материалов и оборудования при проектной проработке технологических схем	Правильные ответы на вопросы №1-39 к зачёту, выполнение курсового проекта	ПК-3
	Умеет рассчитывать основные характеристики химического процесса, выбирать рациональную схему	Правильные ответы на вопросы №40-46 к зачёту, выполнение курсового проекта	ПК-4

Показатели оценки результатов освоения дисциплины	Планируемые результаты	Критерий оценивания	Компетенции
	производства заданного продукта.		
	Владеет пакетами прикладных программ для моделирования химико-технологических процессов	Правильные ответы на вопросы №40-46 к зачёту, выполнение курсового проекта	ПК-4

Шкала оценивания соответствует СТО СПбГТИ(ТУ):

по дисциплине промежуточная аттестация проводится в форме зачёта, результат оценивания – «зачтено», «не зачтено», защиты курсового проекта, результат оценивания – балльная система

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

#### **3.1. Типовые контрольные вопросы к зачёту:**

##### **а) Вопросы и для оценки сформированности элементов компетенции ПК-3:**

1. Перечислите (укрупнено) основные группы материалов, используемых в химическом машиностроении:
2. Перечислите основные группы материалов на основе металлов:
3. Перечислите основные группы материалов на основе сплава железа и углерода:
4. Перечислите (укрупнённо) основные группы сталей:
5. Приведите примеры маркировки сталей обыкновенного качества:
6. Каков приблизительно предел прочности стали марки Ст4:
7. Какую марку стали из предложенных двух следует выбрать для ответственного узла оборудования:
  1. Ст3кп
  2. Ст3сп
8. Приведите примеры маркировки сталей качественных углеродистых конструкционных:
9. Что означают цифры в маркировке сталей качественных углеродистых конструкционных:
10. Каково содержание легирующих компонентов в низколегированных сталях:
11. Каково содержание легирующих компонентов в среднелегированных сталях:
12. Каково содержание легирующих компонентов в высоколегированных сталях:
13. Нержавеющими сталями называются стали, содержащие минимум\_
14. Приведите примеры маркировки легированных сталей:
15. Каким индексом в маркировке отмечают особо качественные марки легированных сталей:
16. Установите соответствие легирующего компонента и его обозначениям в маркировке легированной стали:

1	Вольфрам	Н
2	Марганец	Р
3	Медь	Г
4	Молибден	Т
5	Никель	М
6	Бор	Д
7	Кремний	Ю



8	Титан	Ф
9	Хром	Х
10	Ванадий	В
11	Алюминий	С

ОТВЕТ:

№№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
буква											

17. Установите соответствие уровня химической стойкости материала значению скорости годовой коррозии, мм/год:

1	вполне стойкие «В»	А	до 1
2	стойкие «Х»	Б	свыше 3
3	относительно стойкие «О»	В	до 0,1
4	Нестойкие «Н»	Г	до 3

ОТВЕТ:

№№	1	2	3	4
буква				

18. Перечислите основные виды чугуна и примеры их маркировки:

19. Установите соответствие формы углерода в чугуне от его вида:

1	Белый чугун	А	шаровидный графит
2	Серый чугун	Б	пластинчатый графит
3	Высокопрочный чугун	В	хлопьевидный графит
4	Ковкий чугун	Г	карбид

ОТВЕТ:

№№	1	2	3	4
буква				

20. Применение какого цветного металла или его сплавов увеличивает срок эксплуатации химического оборудования в 10 – 20 раз?

21. Перечислите (укрупнено) основные группы неметаллических материалов, используемых в химическом машиностроении:

22. Перечислите основные исключительные преимущества пластмасс по сравнению с другими известными материалами

23. Полимерные материалы делятся по отношению к возможности механической обработки при нагревании на

24. Назовите термопластичный материал, обладающий наилучшей химической стойкостью и термической устойчивостью

25. В зависимости от свойств и вида наполнителя отверждающиеся пластмассы подразделяются на

26. Фенопласты имеют полимерной матрицей

1. Фенопласты с порошковым наполнителем подразделяются на

27. Фенопласты с порошковым наполнителем подразделяются на

28. Карболиты имеют наполнителем

29. Фаолиты имеют наполнителем

30. Волокниты армируются

31. Слоистые пластики армируются
2. Гетинакс армируются
33. Текстолит армируются
- 3 Паронит имеет матрицей
35. Минерало-силикатные материалы, которые используются для футеровки аппаратов
4. Динас состоит из
37. Динас работает огнеупором до температур
5. Шамот состоит из
39. Шамот работает огнеупором до температур

**б) Вопросы и для оценки сформированности элементов компетенции ПК-4:**

40. Реакторы периодического действия для проведения жидкофазных процессов. Расчет реакторов
41. Реакторы периодического действия для проведения жидкофазных процессов. Механические, гидравлические и пневматические перемешивающие устройства, их роль в технологическом процессе.
42. Реакторы периодического действия для проведения жидкофазных процессов. Внешний и внутренний теплообмен
43. Аппараты полунепрерывного и непрерывного действия, работающие в режиме вытеснения. Расчет необходимого времени пребывания реагентов.
44. Реакторы для жидкофазных процессов непрерывного действия, работающие в режиме смешения. Расчет необходимого времени пребывания реагентов.
45. Реакторы для проведения процессов выщелачивания и пропитки, работающие в режиме смешения. Расчет проскока непрореагировавшей твердой фазы.
46. Сравнение интенсивности проведения процессов в реакторах периодического и непрерывного действия в режиме вытеснения и смешения.

**в) Вопросы и для оценки сформированности элементов компетенции, ПК-8, ПК-11:**

47. Отстойники периодического и непрерывного действия. Принцип расчета.
48. Сгущение суспензий в гидроциклонах. Расчет необходимой мощности для работы гидроциклонов
49. Принципы выбора фильтров и основные конструкции фильтров периодического действия. Основы расчета фильтров.
50. Принципы выбора фильтров и основные конструкции фильтров непрерывного действия. Производительность и пути интенсификации.
51. Выбор конструкции сушилок для различных материалов. Способы интенсификации сушки.
52. Распылительные сушилки и сушилки с кипящим слоем. Приемы интенсификации сушки. Рекомендации по расчету сушилок.
53. Конструкции и область применения барабанных и туннельных сушилок. Рекомендации по расчету сушилок.
54. Конструкции и область применения камерных, ленточных и шахтных сушилок. Рекомендации по расчету сушилок.
55. Сушилки с кипящим слоем. Область применения, рекомендации по расчету.
56. Шахтные и камерные и туннельные прокалочные печи.
57. Печи с кипящим слоем. Радиационно-конвективным нагрев кипящего слоя.
58. Основные конструкции питателей и дозаторов. Их роль в обеспечении надежности работы оборудования. Оценка объемной и массовой подачи реагентов.
59. Аппараты для смешения сыпучих материалов. Экспериментальные методы оценки качества смешения.
60. Основные конструкции и анализ работы барабанных смесителей периодического и непрерывного действия.

22. Основные конструкции и анализ работы барабанных смесителей периодического и непрерывного действия.
61. Лопастные и шнековые смесители периодического и непрерывного действия.
63. Смесители с кипящим слоем. Комбинированные смесители.
64. Лотковые и бункерные усреднители.
65. Щековые и валковые дробилки. Область применения и оценка производительности.
66. Шаровые и вибрационные мельницы. Оценка оптимальной частоты. Струйные мельницы.
67. Машины для классификации сыпучих материалов. Грохоты, бураты. Классификаторы с фонтанирующим и кипящим слоем.
68. Устройства и машины для грануляции материалов. Тарельчатые грануляторы.
69. Шнековые экструдеры для грануляции.
70. Таблетирование и кривошипно-шатунные таблеточные машины.
71. Роторные таблеточные машины. Гидравлическое прессование.
72. Гранулирование порошкообразных материалов в присутствии растворов и расплавов.
73. Гранулирование расплавов. Грануляционные башни.
74. Поршневые, плунжерные и шестеренчатые насосы. Область применения и характеристики.
75. Основные характеристики и устройство центробежных насосов.

**в) Вопросы и для оценки сформированности элементов компетенции, ПК-9:**

76. Укажите (поставив № по порядку) правильную последовательность этапов проектирования:

- \_\_\_\_\_ – технический проект
- \_\_\_\_\_ – рабочая конструкторская документация
- \_\_\_\_\_ – техническое задание
- \_\_\_\_\_ – эскизный проект

77. Какой объем производства катализатора считается малотоннажным?
78. Какой объем производства катализатора считается среднетоннажным?
79. Какой объем производства катализатора считается крупнотоннажным?
80. Особенность катализаторных производств состоит в том, что:
81. Прочность это
82. Упругость это
83. Пластичность это
84. Твердость это
85. Усталость это
86. Механическое напряжение это

**3.2. Примерные темы курсовых проектов (ПК-3, ПК-4, ПК-8, ПК-9, ПК-11):**

- 1.Обоснование выбора технологического оборудования участка по производству оксида кобальта.
- 2.Обоснование выбора технологического оборудования участка по производству оксида марганца
- 3.Обоснование выбора технологического оборудования участка по производству катализатора ПКМА
- 4.Обоснование выбора технологического оборудования участка по производству блочного катализатора ОВ-1
- 5.Обоснование выбора технологического оборудования участка по производству глинозёма по методу Байера.
- 6.Обоснование выбора технологического оборудования цеха по производству диоксида титана
- 7.Обоснование выбора технологического оборудования цеха по производству двойного суперфосфата.

- 8.Обоснование выбора технологического оборудования цеха по производству пористой аммиачной селитры.
- 9.Обоснование выбора технологического оборудования участка по производству катализатора конверсии углеводородов.
- 10.Обоснование выбора технологического оборудования участка по производству катализатора конверсии оксида углерода

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

Время подготовки студента к устному ответу на вопросы - до 30 мин.

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

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в соответствии с требованиями «Положения о формах, периодичности и порядке проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся» ( Приказ ректора от 12.12.2014 № 463) и СТО СПбГТИ(ТУ) 016-2015. КС УКДВ. Порядок проведения зачетов и экзаменов.