

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович  
Должность: Проректор по учебной и методической работе  
Дата подписания: 28.06.2024 12:26:25  
Уникальный программный ключ:  
3b89716a1076b80b2c167df0f27c09d01782ba84



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

**УТВЕРЖДАЮ**  
Проректор по учебной  
и методической работе  
\_\_\_\_\_ Б.В. Пекаревский  
«24» мая 2021 г.

**Рабочая программа дисциплины**  
**ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В ХИМИЧЕСКОЙ И**  
**НЕФТЕХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ**

Направление подготовки  
**18.04.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии,  
нефтехимии и биотехнологии**

Направленности программ магистратуры  
**Ресурсосберегающие и энергоэффективные промышленные процессы и технологии**

Квалификация

**Магистр**

Форма обучения

**Очная**

Факультет **химической и биотехнологии**

Кафедра **ресурсосберегающих технологий**

Санкт-Петербург

2021

**Б1.В.01**

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Должность разработчика	Подпись	Ученое звание, фамилия, инициалы
Доцент		Д. А. Сладковский

Рабочая программа дисциплины «Исследование переходных процессов в химической и нефтехимической технологии» обсуждена на заседании кафедры ресурсосберегающих технологий

протокол от «14» мая 2021 № 5

Заведующий кафедрой

Н. В. Кузичкин

Одобрено учебно-методической комиссией факультета химической и биотехнологии  
протокол от «18» мая 2021 № 10

Председатель

М. В. Рутто

## СОГЛАСОВАНО

Руководитель направления подготовки «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии»		Д. А. Смирнова
Директор библиотеки		Т.Н. Старостенко
Начальник методического отдела учебно-методического управления		Т.И. Богданова
Начальник учебно-методического управления		С.Н. Денисенко

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы	4
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы	5
3. Объем дисциплины	5
4. Содержание дисциплины	5
4.1. Разделы дисциплины и виды занятий	5
4.2. Занятия лекционного типа	6
4.3. Занятия семинарского типа	8
4.3.1. Семинары, практические занятия	8
4.4. Самостоятельная работа обучающихся	9
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине	9
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации	9
8. Перечень электронных образовательных ресурсов, 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	11
10.1. Информационные технологии	11
10.2. Программное обеспечение	11
10.3. Базы данных и информационно-справочные системы	11
11. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.	11
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 обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Код и наименование Компетенции (код направленности)	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения (дескрипторы)
<p><b>ПК-3</b>                      Готовность разрабатывать информационные и математические модели химико-технологических процессов, в том числе с использованием пакетов прикладных программ, осуществлять их верификацию и внедрять результаты научных исследований и опытно-конструкторских разработок в промышленное производство химической и нефтегазовой продукции</p>	<p><b>ПК-3.1</b>                      Математическое моделирование переходных процессов и оборудования химической и нефтехимической технологии</p>	<p><b>Знать:</b>                      принципы построения математических моделей переходных процессов (ЗН-1)  <b>Уметь:</b>                      рассчитывать основные параметры технологического оборудования химической и нефтехимической технологии (У-1)  <b>Владеть:</b>                      навыком моделирования переходных процессов в специализированном программном обеспечении (Н-1)</p>
	<p><b>ПК-3.2</b>                      Способность оценивать инновационный и технологический риски при внедрении новых технологий</p>	<p><b>Знать:</b>                      подходы к оценке эффективности внедрения технологий (ЗН-2)  <b>Владеть:</b>                      математическим аппаратом, необходимым для оценки эффективности внедрения технологий (Н-2)</p>
	<p><b>ПК-3.3</b>                      Готовность к разработке мероприятий по ресурсосбережению, выбору оборудования и технологической оснастке технологических процессов переработки углеводородного сырья</p>	<p><b>Знать:</b>                      критерии ресурсосбережения (ЗН-3)  <b>Уметь:</b>                      определять структуру и оптимальные параметры химико-технологических процессов, способствующие ресурсосбережению (У-2)  <b>Владеть:</b>                      представлениями о подходах к построению безотходных ресурсоэффективных систем (Н-3)</p>

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к дисциплинам части дисциплин, формируемой участниками образовательных отношений (Б1.В.01) и изучается на 1 курсе в 1 семестре.

Изучение данной дисциплины базируется на знаниях, полученных студентами в процессе освоения учебных дисциплин образовательных программ уровня бакалавриата: «Процессы и аппараты химической технологии», «Моделирование энерго- и ресурсосберегающих процессов химической технологии, нефтехимии и биотехнологии», «Системы управления химико-технологическими процессами».

Полученные в процессе изучения дисциплины «Исследование переходных процессов в химической и нефтехимической технологии» знания, умения и навыки могут быть использованы в научно-исследовательской работе 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>5 / 180</b>
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	<b>70</b>
занятия лекционного типа	<b>20</b>
занятия семинарского типа, в т.ч.	40
семинары, практические занятия (в т.ч. на практ. подготовку)	<b>40 (15)</b>
лабораторные работы	-
курсовое проектирование (КР или КП)	-
КСР	<b>10</b>
другие виды контактной работы	
<b>Самостоятельная работа</b> (в т.ч. на практ. подготовку)	<b>110</b>
<b>Форма текущего контроля</b> (Кр, реферат, РГР, эссе)	Устный опрос
<b>Форма промежуточной аттестации</b> (КР, КП, зачет, экзамен)	<b>Зачет</b>

## 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 (код направленности подготовки)	Формируемые индикаторы (код направленности подготовки)
			Семинары и/или практические занятия	Лабораторные работы			
1.	Введение	2	-	-	8	ПК-3	ПК-3.1
2.	Математическое моделиро-	6	10 (2)	-	-	ПК-3	ПК-3.1

	вание технологического процесса в динамике						
3.	Расчеты параметров систем управления на основе динамической модели ХТП	2	6 (5)	-	72	ПК-3	ПК-3.1
4.	Особенности моделирования и исследования переходных процессов в программном обеспечении Aspen Hysys	2	16 (3)	-	10	ПК-3	ПК-3.2
5.	Динамика основных процессов химической и нефтехимической технологии	8	8 (5)	-	20	ПК-3	ПК-3.3

#### 4.2. Занятия лекционного типа

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
1	<u>Введение</u> Понятие и основные характеристики переходных процессов. Циклограммы периодических ХТП. Исследование переходных процессов при проектировании технологических процессов.	2	ЛВ
2	<u>Математическое моделирование технологического процесса в динамике</u> Общий вид математической модели динамики химико-технологических процессов. Экстенсивные и интенсивные свойства. Интегральный и дифференциальный балансы ХТП. Законы сохранения массы и энергии применительно для моделирования ХТП в динамике. Моделирование фазового равновесия в динамике. Учет неравновесных состояний. Учет гидростатического напора и высотных отметок. Учет потери давления в технологическом оборудовании. Решение систем дифференциальных уравнений ХТП. Численное интегрирование. Явный и неявный методы Эйлера. Метод Рунге-Куты. Динамические модели химического реактора, емкости, теплообменника, насоса, компрессора, воздушного холодильника, трубопровода и печи. Исследование динамики ректификационных колонн. Структура модели ректификационной колонны. Динамическая модель теоретической тарелки. Модели дополнительного оборудования ректификационных колонн.	6	ЛВ

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
3	<p><u>Расчеты параметров систем управления на основе динамической модели ХТП</u>            Регулирующие клапаны. Управление расходом с помощью регулирующих клапанов. Расчет параметров регулирующих клапанов. Уравнение Бернулли. Коэффициенты расхода.            ПИД-регуляторы. Контуры регулирования. Нормирующий преобразователь. Способы вычисления ошибки регулирования. Параметры ПИД-регулятора и методы расчета их оптимальных значений. Применение каскадных систем регулирования. Расположение ПИД-регуляторов в технологических схемах различных ХТП. Автоматизация процессов ректификации.</p>	2	ЛВ
4	<p><u>Особенности моделирования и исследования переходных процессов в программном обеспечении Aspen Hysys</u>            Уравнения покомпонентного материального баланса и теплового баланса. Учет накоплений в системе. Спецификации «Расход-Перепад давления» в уравнениях расхода. Квазистационарный подход для нахождения расходов потоков. Решение системы обыкновенных уравнений «Расход-Перепад давления». Начальные условия и инициализация. Особенности динамических моделей систем разделения, теплообменной аппаратуры и химических реакторов. Стандартные модели оборудования систем управления в Aspen Hysys.</p>	2	
5	<p><u>Динамика основных процессов химической и нефтехимической технологии</u>            Пуск и остановка технологического процесса. Техника безопасности при проведении ХТП.            Переходные процессы при заполнении замкнутых емкостей и отбора потоков из закрытых резервуаров с учетом эффекта гидростатического напора. Переходные процессы при регулировании уровня жидкости в герметичных емкостях и емкостях орошения ректификационных колонн. Применение каскадной системы регулирования для поддержания уровня жидкости.            Динамика и исследование переходных процессов технологических печей и теплообменной аппаратуры. Исследование переходных процессов в ректификационных колоннах.</p>	8	ЛВ

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
	Динамика периодического процесса ректификации. Оптимизация и разработка циклограмм. Переходные процессы в адиабатических реакторах. Методы обучения операторов-технологов. Тренажеры и автоматизированные системы обучения технологического персонала.		

### 4.3. Занятия семинарского типа

#### 4.3.1. Семинары, практические занятия

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	В т.ч. на практич. подготовку	Инновационная форма
2	Исследование переходных процессов при одновременном заполнении и отбора продукта из резервуара в программе Mathcad	4	1	МК, Т, КОП
2	Исследование переходных процессов реактора алкилирования периодического действия в программе Mathcad	6	1	МК, Т, КОП
3	Изменение технологического режима процесса ректификации па-	6	5	Т, КтСм
4	Разработка динамической модели емкости в программе Aspen Hysys	4	0,5	МК, Т, КтСм
4	Разработка динамической модели ректификации бутановой фракции в программе Aspen Hysys. Настройка системы управления колонны	4	1	МК, Т, КтСм
4	Исследование переходных процессов ректификации бутановой фракции на модели, разработанной в программе Aspen Hysys	4	1	Т, КтСм
5	Пуск реактора кипящего слоя и исследование переходных процессов.	8	5	МК, Т, КтСм
4	Исследование переходных процессов выделения фракции суммарных кслиолов на динамической модели ректификационной колонны, разработанной в программе Aspen Hysys	4	0,5	Т, КтСм

#### 4.4. Самостоятельная работа обучающихся

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
1	Особенности масштабных переходов при внедрении процессов в реальное производство	8	Собеседование
3	Автонастройка и алгоритмы адаптации ПИД-регуляторов	36	Собеседование
3	Автонастройка ПИД-регуляторов в программе Aspen Hysys	36	Собеседование
4	Динамическое моделирование компрессоров в программе Aspen Hysys	10	Собеседование
5	Динамика полунепрерывного процесса адсорбции-десорбции	10	Собеседование
5	Динамика периодического процесса ректификации	10	Собеседование

#### 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

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в виде зачета.

Зачет предусматривает выборочную проверку освоения предусмотренных элементов компетенций и комплектуется теоретическими вопросами.

При сдаче зачет студент 2 теоретических вопроса и тестовое задание, время подготовки студента к ответу - до 45 мин.

Пример варианта вопросов на зачете:

Вариант № 1	
1.	Цели и задачи исследования переходных процессов при проектировании технологических процессов
2.	Переходные процессы при отборе потоков из закрытых резервуаров

Пример тестового задания:

- Какой временной шаг расчета фазового равновесия оптимален для моделирования переходных процессов нефтепереработки
  - 10 секунд
  - 0,5 секунд
  - 1 микросекунда
- Общий вид уравнения баланса

- [Скорость образования экстенсивной величины свойства в еденичном объеме] = [поток экстенсивной величины на входе в еденичный объем] – [поток экстенсивной величины на выходе из еденичный объем] + [поток экстенсивной величины , порождаемой в источнике, находящимся в еденичном объеме]
  - [Скорость образования интенсивной величины свойства в еденичном объеме] = [поток интенсивной величины на входе в еденичный объем] – [поток интенсивной величины на выходе из еденичный объем] + [поток интенсивной величины , порождаемой в источнике, находящимся в еденичном объеме]
  - [Скорость образования интенсивной величины свойства в еденичном объеме] = [поток интенсивной величины на входе в еденичный объем] + [поток интенсивной величины , порождаемой в источнике, находящимся в еденичном объеме]
3. Общий вид уравнения для формирования выходного сигнала ПИД-регулятора
- $u(t) = K_p \cdot e(t) + K_i \cdot \int_0^t e(\tau) d\tau + K_d \cdot (de/dt)$
  - $u(t) = K_i \cdot \int_0^t e(\tau) d\tau + K_d \cdot (de/dt)$
  - $u(t) = K_p \cdot e(t) + K_i \cdot \int_0^t e(\tau) d\tau + K_d \cdot \int_0^t e(\tau) d\tau$

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

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в Приложении № 1.

## 7. Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины

### а) печатные издания:

1. Физические методы исследования неорганических веществ : Учебное пособие по специальности 020101 "Химия" направления подготовки 020100 "Химия" / Т. Г. Баличева и др.; под ред. А. Б. Никольского. - Москва : Academia, 2006. - 443 с. - ISBN 5-7695-2261-5
2. Химико-технологические системы: оптимизация и ресурсосбережение : учебное пособие для вузов по направлению подготовки "Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии" / Лисицын Н.В. и др. – Санкт-Петербург : Менделеев, 2013. – 392 с.- ISBN 5-94922-024-2
3. Моделирование в компьютерной среде Aspen Hysys : учебное пособие / В. И. Федоров [и др.] ; СПбГТИ(ТУ). Каф. ресурсосберегающих технологий. – Санкт-Петербург : [б. и.], 2013. - 75 с.
4. Потехин, В.М. Основы теории химических процессов технологии органических веществ и нефтепереработки : учебник для химико-технологических спец. вузов / В. М. Потехин, В. В. Потехин. - 2-е изд., испр. и доп. – Санкт-Петербург : Химиздат, 2007. - 943 с. - ISBN 978-5-93808-147-5

### б) электронные учебные издания:

1. Вершинин, В.И. Аналитическая химия : Учебник / В. И. Вершинин, И. В. Власова, И. А. Никифорова. - 2-е изд., перераб. и доп. - Электрон. текстовые дан. – Санкт-Петербург. ; Москва ; Краснодар : Лань, 2017. — 428 с. — ISBN 978-5-8114-9166-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/187750> (дата обращения: 07.04.2021). — Режим доступа: по подписке
2. Моделирование в компьютерной среде Aspen Hysys : учебное пособие / В. И. Федоров [и др.] ; СПбГТИ(ТУ). Каф. ресурсосберегающих технологий. - Электрон. текстовые дан. – Санкт-Петербург : [б. и.], 2013. - 75 с.

## **8. Перечень электронных образовательных ресурсов, 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 «Исследование переходных процессов в химической и нефтехимической технологии» 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.

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 знания 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 ЭИОС.

### **10.2. Программное обеспечение**

Программы Microsoft Office (Microsoft Word, Microsoft PowerPoint), операционная система MS Windows; MathCad; AspenHYSYS.

### **10.3. Базы данных и информационно-справочные системы**

Информационная система федерального института промышленной собственности (ФИПС) <https://www1.fips.ru>

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

Для ведения лекционных занятий используется аудитория на необходимое количество посадочных мест, оснащенная демонстрационным оборудованием, для ведения практических занятий используется компьютерный класс, оснащенный объединенными в сеть персональными компьютерами, оборудованием и техническими средствами обучения на необходимое количество посадочных мест.

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

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

**Фонд оценочных средств  
для проведения промежуточной аттестации  
по дисциплине «Исследование переходных процессов в химической и нефтехимической  
технологии»**

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

Индекс компетенции (код направленности)	Содержание	Этап формирования
<b>ПК-3</b>	Способен организовывать самостоятельную и коллективную научно-исследовательскую работу, разрабатывать планы и программы проведения научных исследований и технических разработок	Начальный

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

Код и наименование индикатора достижения компетенции (код направленности)	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	УРОВНИ СФОРМИРОВАННОСТИ (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
<b>ПК-3.1</b> Математическое моделирование переходных процессов и оборудования химической и нефтехимической технологии	<b>Формулирует</b> принципы построения математических моделей переходных процессов (ЗН-1)	Правильные ответы на вопросы №№1-3 к зачету	Перечисляет основные принципы построения моделей переходных процессов	Перечисляет основные принципы построения моделей переходных процессов, описывает особенности применения методик	Перечисляет основные принципы построения моделей переходных процессов, описывает особенности применения методик, причины и взаимосвязь происходящих явлений
	<b>Рассчитывает</b> основные параметры технологического оборудования химической и нефтехимической технологии (У-1)	Правильные ответы на вопросы №№4-10 к зачету	Может применять стандартные методики расчета на предоставленных данных.	Способен корректно осуществлять выбор и анализ данных для подготовки процедуры расчета, используя стандартные методики	Способен самостоятельно отбирать, анализировать и систематизировать информацию, необходимую для расчета энерготехнологического процесса, обоснованно выбирать методику расчета
	<b>Обладает</b> навыком моделирования переходных процессов в специализированном программном обеспечении (Н-1)	Правильные ответы на вопросы №№30-36 к зачету	Может безошибочно воспроизвести шаблон построения модели переходного процесса	Может самостоятельно синтезировать модель переходного процесса по исходным данным	Может самостоятельно синтезировать модель переходного процесса по исходным данным, выполнить требуемые мероприятия по настройке и установить адекватность модели

Код и наименование индикатора достижения компетенции (код направленности)	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	УРОВНИ СФОРМИРОВАННОСТИ (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
<b>ПК-3.2</b> Способность оценивать инновационный и технологический риски при внедрении новых технологий	Имеет представление о критериях и методах оценки эффективности внедрения технологий (ЗН-2)	Правильные ответы на вопросы №№45-50 к зачету  Решение тестового задания	Перечисляет критерии и методы оценки эффективности внедрения технологий	Перечисляет критерии и методы оценки эффективности внедрения технологий, описывает их принципы и особенности	Перечисляет критерии и методы оценки эффективности внедрения технологий, описывает их принципы и особенности, указывает необходимый и достаточный набор критериев и подходящий подход к оценке конкретного технологического процесса
	математическим аппаратом, необходимым для оценки эффективности внедрения технологий (Н-2)	Правильные ответы на вопросы №№10-18 к зачету	Может безошибочно воспроизвести методику расчета по заданным значениям параметров	Может верифицировать исходные данные для расчета, безошибочно применить методику расчета	Может самостоятельно подобрать и верифицировать исходные данные для расчета, безошибочно применить методику расчета
<b>ПК-3.3</b> Готовность к разработке мероприятий по ресурсосбережению, выбору оборудования и технологической оснастке технологических процессов переработки углеводородного	<b>Перечисляет</b> критерии ресурсосбережения (ЗН-3)	Правильные ответы на вопросы №№51-55 к зачету	Перечисляет критерии ресурсосбережения, дает из определения	Перечисляет критерии ресурсосбережения, дает из определения, описывает их принципы и особенности	Перечисляет критерии ресурсосбережения, дает из определения, описывает их принципы и особенности, указывает необходимый и достаточный набор критериев и подходящий подход к оценке конкретного технологического процесса

Код и наименование индикатора достижения компетенции (код направленности)	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	УРОВНИ СФОРМИРОВАННОСТИ (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
сырья					
	<b>Уметь:</b> определять структуру и оптимальные параметры химико-технологических процессов, способствующие ресурсосбережению (У-2)	Правильные ответы на вопросы №№19-29 к зачету	Корректно выстраивает топологию технологической схемы процесса по имеющимся исходным данным	Корректно выстраивает топологию технологической схемы процесса, формулирует требования к параметрам процесса	Корректно выстраивает топологию технологической схемы процесса, формулирует требования к параметрам процесса и аппаратному оформлению схемы
	<b>Обладает</b> представлениями о подходах к построению безотходных ресурсоэффективных систем (Н-3)	Правильные ответы на вопросы №№ 37-44, 56-57 к зачету	Имеет навык построения математических моделей систем по известной топологии и набору элементов и оценке их по критериям ресурсосбережения	Уверенно владеет инструментарием специализированного программного обеспечения для построения математических моделей систем по известной топологии и набору элементов и оценке их по критериям ресурсосбережения	Уверенно владеет инструментарием специализированного программного обеспечения для построения математических моделей систем по известной топологии и набору элементов и оценке их по критериям ресурсосбережения, может выполнять расчетные исследования и анализировать результаты

Шкала оценивания соответствует СТО СПбГТИ(ТУ):

Шкала оценивания на зачете – «зачет», «незачет». При этом «зачет» соотносится с пороговым уровнем сформированности компетенций.



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

#### 3.1 Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента по компетенции ПК-3:

- 1) Понятие и основные характеристики переходных процессов
- 2) Что такое циклограммы ХТП
- 3) Цели и задачи исследования переходных процессов при проектировании технологических процессов.
- 4) Общий вид математической модели динамики химико-технологических процессов.
- 5) Примеры экстенсивных и интенсивных свойств при моделировании ХТП в динамике
- 6) Интегральный баланс ХТП
- 7) Дифференциальный баланс ХТП.
- 8) Законы сохранения массы и энергии применительно для моделирования ХТП в динамике.
- 9) Моделирование фазового равновесия в динамике. Учет неравновесных состояний.
- 10) Учет гидростатического напора и высотных отметок при моделировании ХТП в динамике
- 11) Решение систем дифференциальных уравнений ХТП. Явный метод Эйлера
- 12) Решение систем дифференциальных уравнений ХТП. Неявный метод Эйлера
- 13) Решение систем дифференциальных уравнений ХТП. Метод Рунге-Куты
- 14) Система дифференциальных уравнений в модели изотермического реактора со слоем катализатора
- 15) Система дифференциальных уравнений в модели неизотермического реактора (гетерогенный процесс)
- 16) Система дифференциальных уравнений в модели емкостного реактора периодического действия
- 17) Система дифференциальных уравнений в модели кожухотрубчатого теплообменника
- 18) Система дифференциальных уравнений в модели емкости орошения ректификационной колонны
- 19) Моделирование динамики насосного и компрессорного оборудования
- 20) Моделирование динамики трубопровода
- 21) Система дифференциальных уравнений в модели технологической печи
- 22) Особенности исследования динамики ректификационных колонн
- 23) Структура динамической модели ректификационной колонны
- 24) Динамическая модель теоретической тарелки
- 25) Моделирование в динамике дополнительного оборудования ректификационных колонн.
- 26) Принципы управления расходом с помощью регулирующих клапанов
- 27) Расчет параметров регулирующих клапанов
- 28) Коэффициенты расхода регулирующих клапанов
- 29) Способы управления положением регулирующего клапана
- 30) ПИД-регуляторы. Способы вычисления управляющих воздействий
- 31) Нормирующий преобразователь в ПИД-регуляторах
- 32) Параметры ПИД-регулятора и методы расчета их оптимальных значений
- 33) Каскадные системы регулирования
- 34) Расположение ПИД-регуляторов на технологической схеме ректификационной колонны
- 35) Расположение ПИД-регуляторов на технологической схеме реакторного блока процесса изомеризации
- 36) Расположение ПИД-регуляторов на технологической схеме реакторного блока процесса алкилирования

- 37) Выбор размера клапана, установка начального положения, выявление ошибок, связанных с использованием регулирующих клапанов в программном обеспечении Aspen Hysys
- 38) Особенности моделирования и исследования переходных процессов в программном обеспечении Aspen Hysys
- 39) Спецификации «Расход-Перепад давления» в программном обеспечении Aspen Hysys
- 40) Квазистационарный подход для нахождения расходов потоков в Aspen Hysys
- 41) Особенности задания начальных условий и инициализации динамической модели в программном обеспечении Aspen Hysys
- 42) Особенности динамических моделей систем разделения, теплообменной аппаратуры и химических реакторов в программном обеспечении Aspen Hysys
- 43) Регуляторы в программном обеспечении Aspen Hysys
- 44) Автонастройка регуляторов в программном обеспечении Aspen Hysys
- 45) Особенности пуска и остановка технологического процесса.
- 46) Техника безопасности при проведении ХТП
- 47) Переходные процессы при заполнении замкнутых емкостей с учетом эффекта гидростатического напора.
- 48) Переходные процессы при отборе потоков из закрытых резервуаров
- 49) Переходные процессы при регулировании уровня жидкости в емкостях орошения ректификационных колонн
- 50) Применение каскадной системы регулирования для поддержания уровня жидкости.
- 51) Переходные процессы в технологических печах
- 52) Переходные процессы в теплообменной аппаратуре
- 53) Переходные процессы в ректификационных колоннах
- 54) Динамика периодического процесса ректификации. Циклограммы
- 55) Переходные процессы в адиабатических реакторах
- 56) Методы обучения операторов-технологов.
- 57) Тренажеры и автоматизированные системы обучения технологического персонала.

### **3.2 Тестовые задания для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента:**

4. Какое оборудование описывается уравнением  $dC/dt = G_{in} - G_{out} - k \cdot C_a$ 
  - Прохождение реакции  $A \rightarrow B$  в реакторе смешения
  - Прохождение реакции  $A+B \rightarrow B$  в реакторе смешения
  - Переходный процесс в теплообменном аппарате
5. Какой временной шаг расчета уравнений «Расход-Перепад давлений» оптимален для моделирования переходных процессов нефтепереработки
  - 0,5 секунд
  - 10 секунд
  - 1 микросекунда
6. Какой временной шаг расчета фазового равновесия оптимален для моделирования переходных процессов нефтепереработки
  - 10 секунд
  - 0,5 секунд
  - 1 микросекунда
7. Общий вид уравнения баланса
  - [Скорость образования экстенсивной величины свойства в еденичном объеме] = [поток экстенсивной величины на входе в еденичный объем] – [поток экстенсивной вели-

- чины на выходе из еденичный объем] + [поток экстенсивной величины , порождаемой в источнике, находящимся в еденичном объеме]
- [Скорость образования интенсивной величины свойства в еденичном объеме] = [поток интенсивной величины на входе в еденичный объем] – [поток интенсивной величины на выходе из еденичный объем] + [поток интенсивной величины , порождаемой в источнике, находящимся в еденичном объеме]
  - [Скорость образования интенсивной величины свойства в еденичном объеме] = [поток интенсивной величины на входе в еденичный объем] + [поток интенсивной величины , порождаемой в источнике, находящимся в еденичном объеме]
8. Общий вид уравнения для формирования выходного сигнала ПИД-регулятора
- $u(t) = K_p \cdot e(t) + K_i \cdot \int_0^t e(\tau) d\tau + K_d \cdot (de/dt)$
  - $u(t) = K_i \cdot \int_0^t e(\tau) d\tau + K_d \cdot (de/dt)$
  - $u(t) = K_p \cdot e(t) + K_i \cdot \int_0^t e(\tau) d\tau + K_d \cdot \int_0^t e(\tau) d\tau$
9. Какие переходные процессы в технологическом оборудовании являются наиболее быстрыми при одинаковых проходных сечениях трубопроводов и запорной арматуры
- Истечение газообразных сред из емкостного оборудования
  - Истечение жидкости из емкостного оборудования
  - Повышение давления в емкости за счет поступления газа
10. Какова особенность моделирования переходного процесса в универсальной моделирующей программе Aspen HYSYS.
- квазистационарный подход для нахождения расходов через спецификации «Расход-Перепад давлений»
  - Решение систем дифференциальных уравнений неявным методом Эйлера
  - Коэффициенты в системах дифференциальных уравнений задаются пользователем

При сдаче зачета студент получает два вопроса из перечня, приведенного выше и тестовое задание.

Время подготовки студента к ответу на вопрос – до 45 мин.

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

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

