

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович  
Должность: Проректор по учебной и методической работе  
Дата подписания: 12.09.2021 19:18:57  
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  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2016 г.

**Рабочая программа дисциплины**  
**МАШИНЫ И АППАРАТЫ ДЛЯ ПРОЦЕССОВ ТЕПЛО- И МАССОПЕРЕНОСА**

Направление подготовки

**15.03.02 Технологические машины и оборудование**

Направленность программы бакалавриата

**Проектирование, эксплуатация и диагностика  
технологических машин и оборудования**

Квалификация

**Бакалавр**

Форма обучения

**Очная**

Факультет **Механический**

Кафедра **Оптимизации химической и биотехнологической аппаратуры**

Санкт-Петербург

2016

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Должность	Подпись	Ученое звание, фамилия, инициалы
Разработчик		Профессор Р.Ш. Абиев

Рабочая программа дисциплины «Машины и аппараты для процессов тепло- и массопереноса» обсуждена на заседании кафедры Оптимизации химической и биотехнологической аппаратуры  
протокол от «21» января 2016 № 3  
Заведующий кафедрой

Р.Ш. Абиев

Одобрено учебно-методической комиссией механического факультета  
протокол от «\_\_» \_\_\_\_\_ 2015 № \_\_

Председатель

А.Н.Луцко

## СОГЛАСОВАНО

Руководитель направления подготовки «Технологические машины и оборудование»		Доцент А.Н. Луцко
Директор библиотеки		Т.Н.Старостенко
Начальник методического отдела учебно-методического управления		Т.И.Богданова
Начальник УМУ		С.Н.Денисенко

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы</b> .....	4
<b>2. Место дисциплины в структуре образовательной программы</b> .....	4
<b>3. Объем дисциплины</b> .....	5
<b>4. Содержание дисциплины</b> .....	6
4.1. Разделы дисциплины и виды занятий .....	6
4.2. Занятия лекционного типа .....	7
4.3. Занятия семинарского типа .....	8
4.3.1. Семинары, практические занятия .....	8
4.4. Самостоятельная работа обучающихся.....	8
4.4.1. Темы презентаций для коллективного обсуждения.....	9
4.5. Курсовая работа .....	19
<b>5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине</b> .....	10
<b>6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации</b> .....	11
<b>7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины</b> .....	12
<b>8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины</b> .....	13
<b>9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины</b> .....	14
<b>10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине</b> .....	14
10.1. Информационные технологии.....	14
10.2. Программное обеспечение.....	14
10.3. Информационные справочные системы.....	14
<b>11. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине</b> .....	15
<b>12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья</b> .....	15
Приложение № 1.....	16
<b>Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации по дисциплине «Машины и аппараты для процессов тепло- и массопереноса»</b> .....	16

## 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
ОПК-1	способностью к приобретению с большой степенью самостоятельности новых знаний с использованием современных образовательных и информационных технологий	<b>Знать:</b> Методы поиска информации в компьютерных сетях; <b>Уметь:</b> самостоятельно получать новые знания с использованием современных образовательных и информационных технологий; <b>Владеть:</b> стандартными средствами поиска информации в компьютерных сетях.
ПК-4	способностью участвовать в работе над инновационными проектами, используя базовые методы исследовательской деятельности	<b>Знать:</b> Методы и нормы расчета и проектирования машин и аппаратов; <b>Уметь:</b> применять современные методы исследований при работе над инновационными проектами; <b>Владеть:</b> базовыми методами исследовательской деятельности.
ПК-5	способностью принимать участие в работах по расчету и проектированию деталей и узлов машиностроительных конструкций в соответствии с техническими заданиями и использованием стандартных средств автоматизации проектирования	<b>Знать:</b> Методы расчета и проектирования машин и аппаратов; <b>Уметь:</b> применять методы расчета гидродинамических и тепловых характеристик машин и аппаратов; <b>Владеть:</b> стандартными средствами автоматизации проектирования.

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

Дисциплина относится к вариативной части (Б1.В.ДВ.17) и изучается на 4 курсе в 8 семестре.

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

В методическом плане дисциплина опирается на элементы компетенций, сформированные при изучении дисциплин «Физика», «Математика», «Теория механизмов и машин», «Основы гидромеханики. Насосы, компрессоры, вентиляторы», " Процессы и аппараты химической технологии".

Полученные в процессе изучения дисциплины «Машины и аппараты для процессов тепло- и массопереноса» 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	30
занятия семинарского типа, в т.ч.	30
семинары, практические занятия	10
лабораторные работы	20
курсовое проектирование (КР или КП)	КП
КСР (из них курсовой проект – 4 час)	10
другие виды контактной работы	–
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>83</b>
<b>Форма текущего контроля</b> (Кр, реферат, РГР, эссе)	<b>Кр</b>
<b>Форма промежуточной аттестации</b> (КР, КП , зачет, экзамен)	<b>КП, экзамен (27)</b>

## 4. Содержание дисциплины

### 4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Занятия лекционного типа, акад. часы	Занятия семинарского типа, академ. часы		Самостоятельная работа, акад. часы	Формируемые компетенции
			Семинары и/или практические занятия	Лабораторные работы		
1	Теплообменные аппараты. Поверхностные теплообменники.	8	4		23	ОПК-1, ПК-4, ПК-5
2	Теплообменники смешения.	4	2		20	
3	Химические реакторы	12	2	10	20	
4	Массообменные колонные аппараты	6	2	10	20	
	ИТОГО	30	10	20	83	

#### 4.2. Занятия лекционного типа

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
1	<p><b>Теплообменные аппараты. Поверхностные теплообменники.</b>            Назначение и классификация теплообменной аппаратуры. Физические основы теплопереноса. Стандартизация кожухотрубчатых теплообменников. Выбор типа кожухотрубчатого теплообменника. Герметичность заделки труб. Ориентировочный расчет температур труб и кожуха (метод подбора температуры стенки). Интенсификация конвективного теплообмена в кожухотрубчатых аппаратах. Расчет теплообменника методом подбора температуры стенки.</p>	8	Слайд-презентация, групповая дискуссия.
2	<p><b>Теплообменники смешения.</b>            Барометрический конденсатор. Тепловой баланс конденсатора, расчет перфорации полки. Грануляционные башни. Расчет скорости осаждения капель/гранул, времени их кристаллизации и охлаждения. Расчет геометрии грануляционной башни. Проверка естественной тяги.</p>	4	Слайд-презентация, групповая дискуссия.
3	<p><b>Химические реакторы</b>            Конструктивное оформление реакторов-котлов. Типы перемешивающих устройств. Мощность перемешивания жидкости. Уплотнение валов перемешивающих устройств. Основы макрокинетики химических превращений. Технологический расчет реакторов-котлов. Реакторы периодического действия. Реакторы непрерывного действия. Кинетика газожидкостных реакций.</p>	12	Слайд-презентация, групповая дискуссия.
4	<p><b>Массообменные колонные аппараты</b>            Конструкции колонных аппаратов. Массообменные тарелки (колпачковые, клапанные, ситчатые, провальные). Гидравлический расчет тарелок. Насадочные колонны. Эффективность колонной аппаратуры. Экономическая оценка колонных аппаратов единичного объема.</p>	6	Слайд-презентация, групповая дискуссия.

### 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	<b>Теплообменные аппараты.</b> <b>Поверхностные теплообменники.</b> Расчеты теплообменных аппаратов (кожухотрубный аппарат)	4	Групповая дискуссия
2	<b>Теплообменники смешения.</b> Расчет грануляционной башни	2	Групповая дискуссия
3	<b>Химические реакторы.</b> Расчет химических реакторов (реактор с мешалкой)	2	Групповая дискуссия
4	<b>Массообменные колонные аппараты.</b> Сравнительный расчет колонных абсорберов	2	Групповая дискуссия

#### 4.4. Лабораторные работы

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Примечание
3	<b>Химические реакторы.</b> Моделирование реактора с мешалкой	10	
4	<b>Массообменные колонные аппараты.</b> Сравнение колонных абсорберов тарельчатого и насадочного типа	10	

#### 4.5. Самостоятельная работа обучающихся

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
1	<b>Теплообменные аппараты.</b> <b>Поверхностные теплообменники.</b> Назначение и классификация химических аппаратов; требования, предъявляемые к ним. Методы расчета теплообмена (интегральный метод).	23	Устный опрос



№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
2	<b>Теплообменники смешения.</b> Методика расчета барометрического конденсатора.	20	Выполнение Курсового проекта
3	<b>Химические реакторы.</b> Виды перемешивающих устройств. Типы рубашек. Диффузионный и кинетический режимы реакции. Каскад реакторов непрерывного действия.	20	
4	<b>Массообменные колонные аппараты.</b> Типы контактных устройств. Аппараты с вертикальными решетками. Современные аппараты с регулярной насадкой (Альфа-Лаваль, Зульцер).	20	

#### 4.4.1. Темы презентаций для коллективного обсуждения

№ раздела дисциплины	Содержание слайд-презентации	Вопросы для коллективного обсуждения, коллективного решения технической задачи
1	<b>Теплообменные аппараты.</b> <b>Поверхностные теплообменники.</b>	Интенсификация конвективного теплообмена в кожухотрубчатых аппаратах. Расчет теплообменника методом подбора температуры стенки.
2	<b>Теплообменники смешения.</b>	Барометрический конденсатор. Тепловой баланс конденсатора, расчет перфорации полки. Градирни.
3	<b>Химические реакторы</b>	Каскад реакторов непрерывного действия.
4	<b>Массообменные колонные аппараты</b>	Эффективность колонной аппаратуры. Экономическая оценка колонных аппаратов единичного объема.

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

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

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

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

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

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме экзамена и защиты курсового проекта. К сдаче экзамена допускаются студенты, выполнившие все формы текущего контроля, в том числе защитившие курсовой проект.

При сдаче экзамена студент получает три вопроса из перечня вопросов, время подготовки студента к устному ответу – до 45 мин.

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в Приложении № 1

Пример экзаменационного билета:

1. Воздух нагревается в кожухотрубном теплообменнике водяным паром. В каком случае возможно использование теплообменника типа ТН, а в каком — типа ТК?
2. Для чего используют каскад реакторов непрерывного действия? Поясните ответ.
3. Изобразите мешалки, используемые для улучшения теплоотдачи от пара в рубашке к реакционной среде.

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

### **а) основная литература:**

1. Абиев, Р. Ш. Машины и аппараты для процессов тепло- и массопереноса : учебное пособие / Р. Ш. Абиев, В. А. Некрасов, В. Н. Соколов ; СПбГТИ(ТУ). Каф. оптимизации хим. и биотехнол. аппаратуры. - СПб. : [б. и.], 2015 - Ч. 1 : Теплообменные аппараты. Примеры и задачи. - 2015. - 96 с.
2. Химические реакторы и печи : учебное пособие / В. Н. Соколов, М. Д. Бушков, Р. Ш. Абиев, В. А. Некрасов; СПбГТИ(ТУ). Каф. оптимизации хим. и биотехнол. аппаратуры. - 2-е изд., перераб. и доп. - СПб. : [б. и.], 2014. - 94 с.
3. Островский, Г. М. Разработка установки измельчения твердых материалов : учебное пособие / Г. М. Островский, А. Ю. Иваненко, В. А. Некрасов ; СПбГТИ(ТУ). Каф. оптимизации хим. и биотехнол. аппаратуры. - СПб. : [б. и.], 2013. - 97 с.
4. Титова, Л. М. Массообменные процессы в химической и пищевой технологии. Лабораторные и практические занятия : учебное пособие для вузов по направлениям подготовки: "Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии" (профиль "Машины и аппараты химических производств"), "Технологические машины и оборудование" (профиль "Машины и аппараты пищевых производств") / Л. М. Титова, И. Ю. Алексанян, А. Х.-Х. Нугманов. - Электрон. текстовые дан. - СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2014. - 224 с.
5. Тур, А. В. Гидро- аэродинамика промышленных аппаратов : Учебное пособие / А. В. Тур ; СПбГТИ(ТУ). Каф. машин и аппаратов хим. пр-в. - Электрон. текстовые дан. - СПб. : [б. и.], 2014. - 193 с.
6. Незамаев, Н. А. Машины и аппараты переработки нефти и газа : учебное пособие / Н. А. Незамаев, А. Н. Веригин, В. В. Зобнин ; СПбГТИ(ТУ). Каф. машин и аппаратов хим. пр-в. - СПб. : [б. и.], 2013. - 56 с.

### **б) дополнительная литература:**

7. Веригин, А. Н. Основы конструирования аппаратов для перемешивания жидких сред : учебное пособие / А. Н. Веригин, Н. А. Незамаев ; СПбГТИ(ТУ). Каф. машин и аппаратов хим. пр-в. - СПб. : [б. и.], 2015. - 97 с.
8. Веригин, А. Н. Смешивание дисперсных материалов : учебное пособие / А. Н. Веригин, Н. А. Незамаев ; СПбГТИ(ТУ). Каф. машин и аппаратов хим. пр-в. - СПб. : [б. и.], 2015. - 130 с.
9. Веригин, А. Н. Механика дисперсных систем : учебное пособие / А. Н. Веригин, Н. А. Незамаев ; СПбГТИ(ТУ). Каф. машин и аппаратов хим. пр-в. - СПб. : [б. и.], 2015. - 95 с.
10. Веригин, А. Н. Механическая обработка дисперсных материалов : учебное пособие / А. Н. Веригин, Н. А. Незамаев ; СПбГТИ(ТУ). Каф. машин и аппаратов хим. пр-в. - СПб. : [б. и.], 2015. - 128 с.
11. Зобнин, В. В. Машины-автоматы химических производств : учебное пособие / В. В. Зобнин, Н. А. Незамаев ; СПбГТИ(ТУ). Каф. машин и аппаратов хим. пр-в. - Электрон. текстовые дан. - СПб. : [б. и.], 2014. - 49 с.
12. Незамаев, Н. А. Конструирование и расчет элементов оборудования для нефтегазопереработки : методические указания / Н. А. Незамаев, В. В. Зобнин, М. В. Коробчук ; СПбГТИ(ТУ). Каф. машин и аппаратов хим. пр-в. - СПб. : [б. и.], 2014. - 58 с.

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

1. учебный план, РПД и учебно-методические материалы:  
<http://media.technolog.edu.ru>
2. Сайт Федеральной службы по интеллектуальной собственности (Роспатент): Информационно-поисковая система -  
[http://www1.fips.ru/wps/wcm/connect/content\\_ru/ru/inform\\_resources/inform\\_retrieval\\_system/](http://www1.fips.ru/wps/wcm/connect/content_ru/ru/inform_resources/inform_retrieval_system/)

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 «Машины и аппараты для процессов тепло- и массопереноса» проводятся в соответствии с требованиями следующих СТП:

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

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 УКВД. Виды учебных занятий. Самостоятельная планируемая работа студентов. Общие требования к организации и проведению.

СТП СПбГТИ 016-2015. 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;
- учебные видеоматериалы;
- взаимодействие с обучающимися посредством электронной почты.

### **10.2. Программное обеспечение**

Microsoft Office (Microsoft Excel);  
Пакет прикладных программ MathCad 14.

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

1. Справочно-информационная система поиска нормативных документов <http://gostrf.com/>
2. База документов Федеральной службы по интеллектуальной собственности: [www.fips.ru/](http://www.fips.ru/)

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

Для ведения лекционных и практических занятий используется аудитория, оборудованная средствами оргтехники, на 15 посадочных мест.

Для проведения практических занятий используется компьютерный класс, оборудованный персональными компьютерами, объединенными в сеть.

Для проведения лабораторных занятий используется лаборатория, оборудованная лабораторными установками "Реактор с перемешивающим устройством", "Газожидкостной змеевиковый реактор", "Модель барабанного фильтра", "Реактор с неподвижным зернистым слоем", "Пленочный реактор", "Колонные аппараты с насадкой, клапанными и провальными тарелками".

## **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 «Машины и аппараты для процессов тепло- и массопереноса»

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

Компетенции		
Индекс	Формулировка <sup>2</sup>	Этап формирования <sup>3</sup>
ОПК-1	<b>способность к приобретению с большой степенью самостоятельности новых знаний с использованием современных образовательных и информационных технологий</b>	Промежуточный
ПК-4	<b>способностью участвовать в работе над инновационными проектами, используя базовые методы исследовательской деятельности</b>	Промежуточный
ПК-5	<b>способность принимать участие в работах по расчету и проектированию деталей и узлов машиностроительных конструкций в соответствии с техническими заданиями и использованием стандартных средств автоматизации проектирования</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 конструкции поверхностных теплообменников. Умеет выбирать режимы работы и типы теплообменников. Владеет методами расчета поверхностных теплообменников.	Правильные ответы на вопросы № 1-18	ОПК-1, ПК-4, ПК-5

<sup>2</sup> **жирным шрифтом** выделена та часть компетенции, которая формируется в ходе изучения данной дисциплины (если компетенция осваивается полностью, то фрагменты)

<sup>3</sup> этап формирования компетенции выбирается по п.2 РПД и учебному плану (начальный – если нет предшествующих дисциплин, итоговый – если нет последующих дисциплин (или компетенция не формируется в ходе практики или ГИА), промежуточный - все другие.)



Освоение раздела № 2	Знает конструкции теплообменников смешения. Умеет выбирать режимы работы и типы теплообменников смешения. Владеет методами расчета теплообменников смешения.	Правильные ответы на вопросы № 19-21	ОПК-1, ПК-4, ПК-5
Освоение раздела № 3	Знает конструкции реакторов. Умеет выбирать режимы работы и типы реакторов и перемешивающих устройств. Владеет методами расчета реакторов.	Правильные ответы на вопросы № 22-36	ОПК-1, ПК-4, ПК-5
Освоение раздела № 4	Знает конструкции колонных аппаратов. Умеет выбирать режимы работы колонных аппаратов и типы внутренних устройств. Владеет методами расчета колонных аппаратов.	Правильные ответы на вопросы № 37-43	ОПК-1, ПК-4, ПК-5
Выполнение курсовой работы	Владение методами выбора стандартных и расчета нестандартных видов оборудования.	Соответствующие разделы пояснительной записки	ОПК-1, ПК-4, ПК-5

Шкала оценивания соответствует СТО СПбГТИ(ТУ):  
по дисциплине промежуточная аттестация проводится в форме экзамена и защиты курсового проекта, шкала оценивания – балльная.

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

#### а) Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента:

1. Записать соотношение, связывающее толщину гидродинамического и теплового пристенных слоев.
2. Длина труб одного теплообменника — 2 м, другого — 6 м. Когда и как повлияет это на коэффициент конденсации пара на поверхности этих труб. Объяснить причины влияния.
3. Турбулентный поток движется вдоль трубы и поперек трубы с одинаковой скоростью. Где будет коэффициент теплоотдачи больше и почему?
4. Воздух нагревается в кожухотрубном теплообменнике водяным паром. В каком случае возможно использование теплообменника типа ТН, а в каком — типа ТК?
5. Как изменится гидравлическое сопротивление трубного пространства кожухотрубного теплообменника при увеличении числа ходов в трубах в  $z$  раз (режим течения ламинарный)?
6. Как изменится гидравлическое сопротивление трубного пространства кожухотрубного теплообменника при увеличении числа ходов в трубах в  $z$  раз (режим течения турбулентный)?
7. Как изменится коэффициент теплоотдачи в трубном пространстве кожухотрубного теплообменника при увеличении числа ходов в трубах в  $z$  раз (режим течения турбулентный)? Агрегатное состояние среды в трубах не изменяется.
8. В трубное пространство кожухотрубного теплообменника подают водяной пар под давлением  $4 \text{ кгс/см}^2$  (изб.), в межтрубном пространстве происходит кипение воды при атмосферном давлении. Может ли быть использован в этом случае аппарат типа ТН?

9. В трубное пространство кожухотрубного теплообменника подают водяной пар под давлением  $1 \text{ кгс/см}^2$  (изб.), в межтрубном происходит кипение воды при атмосферном давлении. Может ли быть использован в этом случае аппарат типа ТН?
10. В трубное пространство кожухотрубного теплообменника подают водяной пар под давлением  $1 \text{ кгс/см}^2$  (изб.), в межтрубном происходит нагрев бензола при атмосферном давлении. Может ли быть использован в этом случае аппарат типа ТН?
11. В трубное пространство кожухотрубного теплообменника подают водяной пар под давлением  $1,4 \text{ кгс/см}^2$  (изб.), в межтрубном происходит кипение гексана при атмосферном давлении. Может ли быть использован в этом случае аппарат типа ТН?
12. В трубное пространство кожухотрубного теплообменника подают водяной пар под давлением  $1,6 \text{ кгс/см}^2$  (изб.), в межтрубном происходит нагрев гептана при атмосферном давлении. Может ли быть использован в этом случае аппарат типа ТН?
13. Объяснить, почему в аппаратах воздушного охлаждения оребрение труб выполнено с наружной стороны.
14. Объясните, за счет чего достигается повышение эффективности теплосъема от труб аппарата воздушного охлаждения при впрыске в воздух влаги?
15. По требованию заказчика необходимо разработать теплообменник для нагрева водяным паром воздуха, подаваемого в трубы диаметром 100 мм. С какой стороны должно быть выполнено оребрение и почему?
16. Укажите три типа теплообменников стандартной конструкции с максимальной удельной поверхностью (поверхностью теплообмена, отнесенной к массе аппарата).
17. В каких случаях целесообразно применять витые теплообменники?
18. В трубное пространство кожухотрубного теплообменника подается толуол. Какими технологическими и конструктивными мерами можно повысить коэффициент теплоотдачи по трубному пространству?
19. Опишите принцип действия барометрического конденсатора.
20. Запишите уравнение теплового баланса для процесса отверждения (кристаллизации) одиночной капли расплава, падающей в грануляционной башне.
21. Запишите уравнение теплового баланса для процесса охлаждения одиночной сферической твердой частицы, падающей в пневмохолодильнике.
22. Опишите методы повышения равномерности перемешивания в аппаратах большого объема.
23. В каком аппарате (при прочих равных условиях) больше затраты мощности на перемешивание: с турбинной мешалкой и гладкими стенками (воронка не образуется) или с турбинной мешалкой и отражательными перегородками? Поясните ответ для ламинарного и турбулентного режимов.
24. Для чего используют каскад реакторов непрерывного действия? Поясните ответ.
25. Как следует распределять расходы хладагента для охлаждения реакторов каскада?
26. Каким образом можно снизить перегрев начального участка проточного трубчатого реактора? Приведите схему аппарата.
27. Для чего нужен обратный холодильник, подключаемый к реактору-котлу? Опишите принцип его действия.
28. В реакторе диаметром 2,4 м с мешалкой диаметром 0,6 м установлен пучок вертикальных труб наружным диаметром 28 мм и высотой 1,6 м, отстоящих от оси аппарата на 1 м. Какой характерный линейный размер следует принимать для расчета чисел  $Re$  и  $Nu$  для реакционной среды?
29. Когда целесообразно использовать трубчатый реактор?
30. Какой режим течения жидкости считается более благоприятным в трубчатом реакторе?
31. Как добиться равномерного распределения скорости по сечению трубчатого реактора?
32. В какой период экзотермической реакции в рубашку аппарата следует подавать больший расход хладагента? Обоснуйте ответ.

33. Каким образом можно повысить теплообмен в реакторе с мешалкой, если поверхности рубашки для этого недостаточно?
34. Изобразите мешалки, используемые для перемешивания очень вязких жидкостей и растворов полимеров.
35. Изобразите мешалки, используемые для перемешивания концентрированных суспензий.
36. Изобразите мешалки, используемые для улучшения теплоотдачи от пара в рубашке к реакционной среде.
37. В каком режиме и почему обычно эксплуатируют насадочные массообменные колонны?
38. Чем отличается регулярная насадка от нерегулярной? Когда обычно используют регулярную насадку?
39. В чем особенность работы клапанной тарелки?
40. Изобразите S-образный колпачок массообменной тарелки.
41. Изобразите капсульный колпачок массообменной тарелки.
42. Объяснить принцип работы провальной тарелки. Почему отверстия в ней имеют продолговатую форму?
43. Можно ли по величине КПД массообменной тарелки сделать вывод об экономической целесообразности ее использования? Поясните ответ.

К экзамену в 8 семестре допускаются студенты, выполнившие все формы текущего контроля. При сдаче экзамена, студент получает три вопроса из перечня, приведенного выше.

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

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

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в соответствии с требованиями СПб

СТО СПбГТИ(ТУ) 016-2015. КС УКВД. Порядок проведения зачетов и экзаменов.

#### **5. Курсовой проект**

Курсовой проект состоит из следующих разделов:

- 1) Анализ задачи, сбор необходимых справочных данных.
- 2) Расчет технологических параметров машин и оборудования.
- 3) Прочностной расчет элементов машин и оборудования.
- 4) Подбор стандартного оборудования.
- 5) Разработка нестандартного оборудования.

Расчетно-пояснительная записка содержит 40-50 страниц текста размером 13-14 пт. с интервалом 1,5, графическая часть – чертежи на листах формата А1: технологическая схема, общий вид установки, общий вид 2-3 узлов, чертежи деталей.

#### **Примерные темы курсовых работ:**

1. Разработка лабораторного вихревого струйного аппарата для исследования массообмена и разделения в системе жидкость-жидкость.
2. Разработка лабораторной установки для жидкостной экстракции в условиях

тейлоровского течения в микроканале.

3. Разработка лабораторного пульсационного аппарата проточного типа для исследования массообмена в системе жидкость-жидкость.
4. Разработка лабораторного горизонтального пульсационного резонансного аппарата для исследования процесса разваривания зерна в производстве биоэтанола.
5. Разработка горизонтального пульсационного резонансного аппарата для производства биодизеля.
6. Разработка лабораторной установки для исследования пневматического транспорта в вертикальных и горизонтальных трубах.
7. Разработка лабораторной установки для моделирования устойчивости аппарата с монолитным катализатором.
8. Разработка лабораторной установки для исследования массообмена при течении газожидкостной системы в капиллярах.
9. Разработка лабораторной установки для исследования массообмена при течении газожидкостной системы в капиллярах.
10. Разработка вихревого струйного аппарата с изменяемыми конструктивными параметрами.
11. Разработка автоматизированной лабораторной установки для исследования гидродинамики и массопереноса в реакторе с монолитным катализатором.
12. Разработка лабораторной установки для исследования процессов эжекции и диспергирования газа в вихревом струйном аппарате.
13. Разработка роторно-дискового экстрактора для очистки воды от фенола бензолом.
14. Разработка установки для исследования процессов диспергирования капель и экстракции в пульсационном аппарате проточного типа.
15. Разработка миниреактора и исследование процессов формирования капель и тонкого органического синтеза в системе жидкость-жидкость.
16. Разработка микрореактора для получения наноразмерных частиц оксида железа.
17. Разработка вихревого струйного десорбера для дегазации водопроводной воды.
18. Разработка мобильной установки для производства пенобетона с использованием вихревого струйного пеногенератора.
19. Разработка установки для исследования процессов диспергирования масла в воде и сепарации капель.