

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович  
Должность: Проректор по учебной и методической работе  
Дата подписания: 15.11.2023 16:30:14  
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  
«02» декабря 2021 г.

**Рабочая программа дисциплины**  
**ЯВЛЕНИЯ ТЕПЛО-МАССОПЕРЕНОСА**  
**В ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ**

Направления подготовки:

**15.03.02 – Технологические машины и оборудование**

**Направленность: Технологическое оборудование химических и нефтехимических производств**

Квалификация

**Бакалавр**

Форма обучения

**Очная**

Факультет **Механический**

Кафедра **Оптимизации химической и биотехнологической аппаратуры**

Санкт-Петербург

2021

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Должность	Подпись	Ученое звание, фамилия, инициалы
Доцент		А.Ю.Иваненко

Рабочая программа дисциплины «Явления тепло-массопереноса в химической технологии» обсуждена на заседании кафедры оптимизации химической и биотехнологической аппаратуры

протокол от «27» октября 2021 № 4

Заведующий кафедрой

Р.Ш. Абиев

Одобрено учебно-методической комиссией механического факультета

протокол от «30» ноября 2021 № 4

Председатель

А.Н. Луцко

## СОГЛАСОВАНО

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

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.....	4
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.....	5
3. Объем дисциплины.....	5
4. Содержание дисциплины.....	6
4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.....	6
4.2. Занятия лекционного типа.....	6
4.3. Семинары, практические занятия.....	7
4.4. Самостоятельная работа обучающихся.....	8
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.....	8
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.....	8
7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.....	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.....	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
Приложение № 1.....	13
Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации по дисциплине «Явления тепло-массопереноса в химической технологии».....	13
Перечень компетенций и этапов их формирования.....	13
Показатели и критерии оценивания компетенций на различных этапах их формирования, шкала оценивания.....	14

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

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

Код и наименование компетенции <sup>1</sup>	Код и наименование индикатора достижения компетенции <sup>2</sup>	Планируемые результаты обучения (дескрипторы) <sup>3</sup>
<p><b>ПК-1</b> Способен принимать участие в работах по составлению научных отчетов по выполненному заданию и внедрять результаты исследований и разработок в области технологических машинах и оборудования</p>	<p>ПК-1.2 Определение тематики и инициирование работ по научно-исследовательским и опытно-конструкторским работам</p>	<p><b>Знать:</b> Основные требования ЕСКД и других нормативных документов по оформлению проектной документации (ЗН-1); <b>Уметь:</b> оформлять законченные проектно-конструкторские работы (У-1); <b>Владеть:</b> навыками разработки и оформления проектно-технической документации (Н-1).</p>
<p><b>ПК-3</b> Способен к систематическому изучению научно-технической и патентной информации, отечественного и зарубежного опыта по соответствующему профилю подготовки</p>	<p>ПК-3.2 Осуществление проведения работ по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований</p>	<p><b>Знать:</b> Современные технологии с учетом отечественного и зарубежного опыта (ЗН-2) <b>Уметь:</b> проводить обзоры патентной и научно-технической литературы в области химической технологий (У-2) <b>Владеть:</b> навыками и умением решать и анализировать получаемые решения (Н-2).</p>

<sup>1</sup> Содержание и номер компетенции в точности соответствует ФГОС ВО и отображается в матрице компетенций для конкретной дисциплины

<sup>2</sup> Код индикатора присваивается руководителем направления подготовки, отображается в матрице компетенции и доводится разработчиком РПД. Повторение кодов индикаторов для конкретной компетенции, реализуемой разными дисциплинами, не допускается

<sup>3</sup> Дескрипторы переносятся из матрицы компетенций без смены формулировок

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы<sup>4</sup>.

Дисциплина относится к дисциплинам части, формируемых участниками образовательных отношений (Б1.В.05) 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», «Техническая термодинамика и теплотехника», «Гидромеханика неоднородных сред», «Основы теплопередачи в химическом оборудовании» и др.

Полученные в процессе изучения дисциплины «Явления тепло- массопереноса в химической технологии» знания, умения и навыки могут быть использованы при подготовке, выполнении и защите выпускной квалификационной работы, при решении научно-исследовательских, проектно-конструкторских, производственно-технологических задач в будущей профессиональной деятельности.

## 3. Объем дисциплины.

Вид учебной работы	Всего, академических часов
	Очная форма обучения
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b> (зачетных единиц/академических часов)	<b>4/144</b>
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	<b>72</b>
занятия лекционного типа	36
занятия семинарского типа, в т.ч.	18
семинары, практические занятия (в том числе практическая подготовка)	18 (2)
лабораторные работы (в том числе практическая подготовка)	-
курсовое проектирование (КР или КП)	18
КСР	–
другие виды контактной работы	–
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>36</b>
<b>Форма текущего контроля</b> (Кр, реферат, РГР, эссе)	-
<b>Форма промежуточной аттестации</b> (КР, КП, зачет, экзамен)	Экзамен, КР (36)

<sup>4</sup> Место дисциплины будет учитываться при заполнении таблицы 1 в Приложении 1 (Фонд оценочных средств)

## 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	Основные уравнения гидромеханики.	6	2	-	6	ПК-1 ПК-3
2	Основные уравнения теплообмена.	4	2	-	6	
3	Основные уравнения массообмена.	10	2	-	6	
4	Основные процессы тепло-массопереноса и аппараты для их осуществления.	16	12	-	18	
	ИТОГО	36	18	-	36	

### 4.2. Занятия лекционного типа.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма <sup>5</sup>
1	<b>Основные уравнения гидромеханики, теплообмена, массообмена.</b>		
1.1	Внутренние задачи и задачи обтекания тел. Расчет гидравлического сопротивления при течении через препятствия, равномерно распределенные по сечению каналов (решетки, сетки, зернистые слои, насадки и др.).	2	ЛВ
1.2	Гидромеханика многофазных сред. Течение многофазных потоков по трубам и каналам. Течения многофазных потоков через зернистые слои и насадки.	4	ЛВ
2	<b>Основные уравнения теплообмена.</b>		

<sup>5</sup> **Примеры образовательных технологий, способов и методов обучения** (с сокращениями): традиционная лекция (Л), лекция-визуализация (ЛВ), проблемная лекция (ПЛ), лекция – пресс-конференция (ЛПК), занятие – конференция (ЗК), тренинг (Т), дебаты (Д), мозговой штурм (МШ), мастер-класс (МК), «круглый стол» (КрСт), активизация творческой деятельности (АТД), регламентированная дискуссия (РД), дискуссия типа форум (Ф), деловая и ролевая учебная игра (ДИ, РИ), метод малых групп (МГ), занятия с использованием тренажеров, имитаторов (Тр), компьютерная симуляция (КтСм), использование компьютерных обучающих программ (КОП), интерактивных атласов (ИА), посещение врачебных конференции, консилиумов (ВК), участие в научно-практических конференциях (НПК), съездах, симпозиумах (Сим), учебно-исследовательская работа студента (УИРС), проведение предметных олимпиад (О), подготовка письменных аналитических работ (АР), подготовка и защита рефератов (Р), проектная технология (ПТ), экскурсии (Э), дистанционные образовательные технологии (ДОТ).

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма <sup>5</sup>
2.1	Закон Фурье. Уравнение энергии. Уравнение конвективного теплообмена. Теплообмен при ламинарном и турбулентном режимах течения жидкости в трубах и каналах. Граничные условия в задачах теплообмена. Теплоперенос в твердых телах. Сопряженные задачи теплообмена.	2	ЛВ
2.2	Теплообмен при течении газожидкостных смесей. Теплообмен при кипении жидкости. Теплоотдача при пленочной конденсации пара на стенке. Испарение и конденсация капель.	2	ЛВ
3	<b>Основные уравнения массообмена.</b>		
3.1	Диффузия в твердых телах. Математическая постановка задачи. Граничные условия. Диффузия, сопровождающаяся гетерогенной и гомогенной химической реакцией. Диффузия и химическая реакция внутри пористого катализатора.	4	ЛВ
3.2	Массоперенос в ламинарных и турбулентных потоках. Массоперенос в стекающей жидкостной пленке. Массообмен на границе раздела газ – жидкость.	6	ЛВ
4	<b>Основные процессы тепло- и массопереноса и аппараты для их осуществления.</b>		
4.1	Абсорбция, дистилляция и ректификация – общие понятия и определения. Равновесие между жидкостью и паром. Кривые равновесия, азеотропные системы. Тепловой и материальный балансы аппаратов тепло-массообмена, правила построения.	6	ЛВ КтСм
4.2	Расчет процессов массообмена в контактных аппаратах. Определение требуемого числа ступеней контакта. Особенности расчета тарельчатых и насадочных колонн.  Расчет коэффициентов массопереноса и определение коэффициентов эффективности контактных тарельчатых и насадочных колонн.	10	ЛВ КтСм

#### 4.3. Семинары, практические занятия.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
3	Равновесие между жидкости и паром. Равновесные кривые для бинарных систем	.4	КтСм
3	Построение кривой равновесия для бинарных систем. Решение примеров в программе MathCad	4	КтСм
2	Определение теплофизических свойств жидких и газовых смесей известного состава.	2	КтСм

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
4	Расчет тарельчатого колонного аппарата на примере абсорбции или ректификации.	4	КтСм
1	Гидравлический расчет тарельчатой колонны	4	КтСм
1-4	Практическая подготовка	2	КтСм

#### 4.4. Самостоятельная работа обучающихся.

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
2	Приборы для измерения теплофизических свойств жидкостей, газов и твердых тел.	12	Устный опрос
2	Расчет араллельное движение идеальной несжимаемой жидкости. Парадокс Даламбера	12	Письменный опрос
3	Метод размерностей в моделировании теплообменных и массообменных процессов.	12	Устный опрос

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

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

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

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

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

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

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

Экзамен предусматривают выборочную проверку освоения предусмотренных элементов компетенций и комплектуются двумя теоретическими вопросами и задачей.

Пример варианта вопросов на экзамене:



Билет № 1

1. Турбулентный массоперенос на границе раздела жидкость-твердое тело при стабилизированном течении.
2. Выбор типа тарелок для контактного аппарата, основные критерии.
3. Рассчитать теплофизические свойства (плотность, вязкость, теплоемкость, теплопроводность и коэффициент поверхностного натяжения) для смеси бензол (70% масс.) + толуол (30 % масс.) при температуре 90 °С.

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в Приложении № 1

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

### а) печатные издания:

1. Дытнерский Ю. И. Процессы и аппараты химической технологии : в 2-х кн. : учебник для химико-технологических специальностей вузов / Ю. И. Дытнерский. - 3-е изд., стер.. - М.: Альянс, 2015. Ч. 1 : Теоретические основы процессов химической технологии. Гидромеханические и тепловые процессы и аппараты. - 2015. - 400 с.
2. Романков П. Г. Методы расчета процессов и аппаратов химической технологии (примеры и задачи): Учебное пособие для вузов по направлению "Химическая технология и биотехнология" и спец. "Химическая технология" / П. Г. Романков, В. Ф. Фролов, О. М. Флисюк. - 3-е изд., испр. - СПб.: Химиздат, 2010. - 543 с.
3. Абиев Р. Ш. Вычислительная гидродинамика и теплообмен : Введение в метод конечных разностей: Учебное пособие для вузов по спец. «Машины и аппараты химических производств» / Р. Ш. Абиев. - СПб.: 2002. - 576 с.
4. Доманский И.В. Машины и аппараты химических производств: Примеры и задачи: Учеб. пособие для студентов вузов /И.В. Доманский, В.П.Исаков, Г.М.Островский [и др.]; под общ. ред. В.Н. Соколова / – СПб.: Политехника, 1992.- 327 с.

### б) электронные учебные издания<sup>6</sup>:

5. Абиев Р. Ш. Машины и аппараты для процессов тепло- и массопереноса : учебное пособие. Ч. 1 : Теплообменные аппараты. Примеры и задачи. / Р. Ш. Абиев, В. А. Некрасов, В. Н. Соколов ; СПбГТИ(ТУ). Каф. оптимизации хим. и биотехнол. аппаратуры. - Электрон. текстовые дан. - СПб. : [б. и.], - . - 2015. - 96 с. . Электронная библиотека. – URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 19.04.2022). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей
6. Томаев В. В. Явления переноса : учебное пособие / В. В. Томаев, Т. В. Стоянова ; СПбГТИ(ТУ). Каф. теорет. основ материаловедения. - Электрон. текстовые дан. - СПб.: 2019. - 64 с. Электронная библиотека. – URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 19.04.2022). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей

---

<sup>6</sup> В т.ч. и методические пособия

## **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 (Профессия)» <https://e.lanbook.com/books/>.

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

Все виды занятий по дисциплине «Явления тепло-массообмена в химической 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 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 ЭИОС.

### **10.2 Программное обеспечение.**

Microsoft Office (Microsoft Excel) или LibreOffice;  
Mathcad14.

### **10.3. Базы данных и информационные справочные системы.**

Справочно-поисковая система «Консультант-Плюс»

## **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.

## **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 «Явления тепло-массопереноса в химической технологии»**

**Перечень компетенций и этапов их формирования.**

<b>Компетенции</b>		
<b>Индекс</b>	<b>Формулировка<sup>7</sup></b>	<b>Этап формирования<sup>8</sup></b>
<b>ПК-1</b>	Способен принимать участие в работах по составлению научных отчетов по выполненному заданию и внедрять результаты исследований и разработок в области технологических машинах и оборудования.	промежуточный
<b>ПК-3</b>	Способен к систематическому изучению научно-технической и патентной информации, отечественного и зарубежного опыта по соответствующему профилю подготовки	промежуточный

---

<sup>7</sup> **жирным шрифтом** выделена та часть компетенции, которая формируется в ходе изучения данной дисциплины (если компетенция осваивается полностью, то фрагменты)

<sup>8</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.)

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

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
<b>ПК-1.2</b> Определение тематики и инициирование работ по научно-исследовательским и опытно-конструкторским работам	(ЗН-1) Знает: Основные требования ЕСКД и других нормативных документов по оформлению проектной документации	Выполнение курсовой работы	Имеет общее представление о назначении нормативной литературы.	Знает основные требования ЕСКД и других нормативных документов	Свободно ориентируется в нормативно-технической документации. Знаком с нормативными методами расчетов.
	(У-1) Умеет: оформлять законченные проектно-конструкторские работы.	Выполнение курсовой работы	Слабо ориентируется в классификации нормативных документов.	Умеет оформлять законченные проектно-конструкторские работы	Умеет самостоятельно найти и применить нормативно-техническую документацию, соответствующую поставленной задаче.
	(Н-1) Владеет: навыками разработки и оформления проектно-технической документации.	Выполнение курсовой работы	Не различает обязательные (регламентирующие) и рекомендательные виды нормативных документов	Способен выполнять расчеты и проектировать технологическое оборудование для проведения процессов тепло-массообмена.	Владеет навыками использования нормативных методов расчета технологического оборудования.
Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
<b>ПК-3.2.</b> Осуществление проведения работ по обработке и анализу научно-технической ин-	(ЗН-2) Знает: Современные технологии с учетом отечественного и зарубежного опыта	Ответы на вопросы №№ 1-30 Выполнение курсовой работы	Имеет общее представление о теоретических основах явлений переноса в химической технологии.	Имеет знания о теоретических основах тепло-массо-переноса в химической технологии, достаточные для решения конкретных задач.	Свободно ориентируется в теории явлений переноса, способен самостоятельно предложить алгоритмы решения конкретных задач.

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
формации и результатов исследований	(У-2) Умеет: проводить обзоры патентной и научно-технической литературы в области химических технологий	Решение контрольных задач на практических занятиях	Имеет общее представление о типовых задачах расчета тепло-массообменных процессов	Умеет решать типовые задачи тепло-массопереноса в химической технологии	Умеет самостоятельно поставить задачу расчета тепло-массообменного оборудования и выбирать методы ее решения.
	(Н-2) Владеет: навыками и умением решать и анализировать получаемые решения.	Решение контрольных задач, Выполнение курсовой работы	Способен решать задачи тепло-массопереноса в химической технологии только по готовым алгоритмам и методикам.	Способен выполнять расчеты и проектировать технологическое оборудование для тепло-массообменных процессов.	Способен самостоятельно находить оптимальные проектные решения при проектировании технологического оборудования с использованием современных компьютерных технологий.

Шкала оценивания соответствует СТО СПбГТИ(ТУ):

по дисциплине промежуточная аттестация проводится в форме экзамена и курсовой работы, шкала оценивания – балльная.

## Типовые контрольные задания для проведения промежуточной аттестации.

1. Уравнения молекулярного переноса: закон внутреннего трения Ньютона, закон Фурье, закон Фика.
2. Уравнение Навье-Стокса для несжимаемой жидкости. Физический смысл слагаемых. Условие прилипания.
3. Общая постановка задач тепло-массообмена. Начальные и граничные условия.
4. Граничные условия первого рода в задачах тепло- и массопереноса. Условия применения этого условия.
5. Граничные условия второго рода в задачах тепло- и массопереноса. Условия применения этого условия.
6. Граничные условия третьего рода в задачах тепло- и массопереноса. Условия применения этого условия.
7. Граничные условия четвертого рода в задачах тепло- и массопереноса.
8. Свободная турбулентность. Оценка роста ширины зоны турбулентного перемешивания вблизи свободной границы. Поле скоростей в свободной струе.
9. Формулировка задач стационарной теплопроводности при наличии и отсутствии источников теплоты. Критическая толщина теплоизоляции.
10. Формулировка задач нестационарной теплопроводности. Регулярный режим.
11. Конвективный теплообмен при турбулентном режиме в трубах, при барботаже, при пленочном течении жидкости.
12. Теплообмен при конденсации насыщенного пара при ламинарном и при турбулентном режимах стекания пленки конденсата.
13. Методы измерения коэффициента теплопроводности.
14. Метод регулярного режима для измерения коэффициента теплопроводности.
15. Аналогия процессов тепло- и массопереноса. Условия существования подобия. Критерии подобия.
16. Уравнение турбулентного теплопереноса.
17. Формулировка задач стационарной диффузии при наличии и отсутствии источников вещества.
18. Конвективный массоперенос при ламинарном режиме течения жидкости. Тройная аналогия.
19. Уравнение турбулентного массопереноса.
20. Простейшие модели конвективного массообмена: пленочная модель, пенетрационная модель, модель обновления Данкверста.
21. Особенности турбулентного массопереноса на границе раздела газ-жидкость.
22. Расчет процессов массообмена в контактных аппаратах.
23. Определение требуемого числа ступеней контакта.
24. Особенности расчета тарельчатых и насадочных колонн.
25. Расчет коэффициентов массопереноса и определение коэффициентов эффективности контактных тарельчатых колонн.
26. Расчет коэффициентов массопереноса и определение коэффициентов эффективности контактных насадочных колонн.
27. Равновесие между жидкости и паром. Равновесные кривые для бинарных систем.
28. Построение кривой равновесия для бинарных систем.
29. Определение теплофизических свойств жидких и газовых смесей известного состава.
30. Гидравлический расчет тарельчатой колонны, определяемые размеры.

При сдаче экзамена, студент получает два вопроса из перечня вопросов и одну задачу. Время подготовки студента к устному ответу – до 45 мин.



#### 4 Курсовая работа

Курсовая работа заключается в выполнении технологических расчетов теплообменных или колонных аппаратов, выбор аппарата из стандартного ряда.

Результаты выполненных расчетов представляются в виде программы расчета, в которой учтено изменение теплофизических свойств газа или жидкости по мере перемещения в аппарате.

#### Примерные темы курсовых работ

<b>№</b>	<b>Тема</b>	<b>Цели и задачи курсовой работы</b>
1	<i>Ректификационная колонна</i>	Составить программу расчета ректификационной колонны с колпачковыми тарелками Исходные данные Разделяемая смесь – метиловый спирт-вода Давление 1 ата Концентрация спирта в питании - 0.315 кмоль/кмоль Концентрация спирта в дистилляте - 0.975 кмоль/кмоль Концентрация спирта в кубовом остатке - 0.015 кмоль/кмоль Производительность по питанию $2.2 \cdot 10^3$ кг/час Рассчитать количество тарелок, диаметр и высоту тарельчатой части колонны
2	<i>Теплообменник кожухотрубный</i>	Составить программу уточненного расчета теплообменника типа ТН Исходные данные Нагреваемая среда – воздух, подается в трубное пространство Теплоноситель - водяной пар Максимальное давление пара 0.6 МПа Расход воздуха - $3.0 \cdot 10^4$ кг/час Начальная температура воздуха - 20°C Конечная температура воздуха - 1000°C Давление воздуха до входа в теплообменник 0.2 МПа Допустимые потери давления по воздуху - 0.04 МПа Программу составить с учетом изменения свойств газа и давления по длине теплообменных труб

#### 5 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) 016-2014. КС УКВД. Порядок проведения зачетов и экзаменов.