

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

Приложение № 1
к рабочей программе модуля
"Технологическое оборудование химических и нефтехимических производств"

Рабочая программа дисциплины

**ЯВЛЕНИЯ ТЕПЛО- МАССОПЕРЕНОСА
В ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ**

Направление подготовки

15.03.02 Технологические машины и оборудование

Направленность программы бакалавриата

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

Профессиональный модуль

**Технологическое оборудование
химических и нефтехимических производств**

Б1.В.ДВ.02.02.07 ОФО16

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Должность	Подпись	Ученое звание, фамилия, инициалы
Разработчик		профессор Доманский И.В.

Рабочая программа дисциплины «Явления тепло-массопереноса в химической технологии» обсуждена на заседании кафедры оптимизации химической и биотехнологической аппаратуры,
протокол от «17» 12 2015 г. № 30

Заведующий кафедрой
д.т.н., профессор _____ Р.Ш. Абиев.

Одобрено учебно-методической комиссией механического факультета, протокол протокол от «21» 01 2016 г. № 5.

Председатель к.т.н., доцент _____ 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	04
2	Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы	04
3	Объем дисциплины	05
4	Содержание дисциплины	
4.1	Разделы дисциплины и виды занятий	05
4.2	Занятия лекционного типа	06
4.3	Занятия семинарского типа	08
4.3.1	Практические занятия	08
4.4	Самостоятельная работа	08
4.4.1	Тематика контрольных работ	08
4.4.2	Курсовая работа	09
5	Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине	09
6	Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации	09
7	Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины	10
8	Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины	10
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	Информационные 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	11
	Приложения: 1 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации	12

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

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

Коды компетенции	Результаты освоения ООП (содержание компетенций)	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
ПК-1	способностью к систематическому изучению научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по соответствующему профилю подготовки	Знать: Современные технологии в области строительной индустрии с учетом отечественного и зарубежного опыта Уметь: проводить обзоры патентной и научно-технической литературы в области строительных технологий Владеть: навыками использования компьютерных технологий при поиске научно-технической информации.
ПК-2	умением моделировать технические объекты и технологические процессы с использованием стандартных пакетов и средств автоматизированного проектирования, готовностью проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом результатов.	Знать: основные уравнения механики несжимаемой ньютоновской жидкости; основные способы теоретического и эмпирического решения задач гидродинамики; принципы действия основных конструкций насосов и компрессорных машин, используемых в химической промышленности; Уметь: использовать математические модели гидромеханических явлений и процессов при решении научно-исследовательских, проектно-конструкторских, производственно-технологических задач; свободно пользоваться научной и справочной литературой. Владеть: навыками проведения экспериментов по заданным методикам, обработки и анализа результатов проводимых исследований

2 Место дисциплины в структуре образовательной программы¹.

Дисциплина «Явления тепло-массопереноса в химической технологии» Б1.В.ДВ.02.02.07 относится к вариативной части профессионального модуля 02 "Технологическое оборудование химических и нефтехимических производств" и изучается на 4 курсе в 7 семестре.

В методическом плане дисциплина опирается на элементы компетенций, сформированные при изучении дисциплин «физики», «математики», «теоретической механики» 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.

¹ Место дисциплины будет учитываться при заполнении таблицы 1 в Приложении 1 (Фонд оценочных средств)

3 Объем дисциплины.

Вид учебной работы	Всего, академических часов
	Очная форма обучения
Общая трудоемкость дисциплины (зачетных единиц/академических часов)	4/144
Контактная работа с преподавателем:	72
занятия лекционного типа	36
занятия семинарского типа, в т.ч.	18
практические занятия	18
лабораторные работы	–
курсовое проектирование (КР или КП)	КР
КСР	18
из них на КР	14
другие виды контактной работы	–
Самостоятельная работа	36
Форма текущего контроля (Кр, реферат, РГР, эссе)	Кр
Форма промежуточной аттестации (КР, КП, зачет, экзамен)	экзамен (36), КР

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 за- нятия	Лабораторные работы		
1	Введение. Задачи курса. Связь с другими дисциплинами, его роль в подготовке специалистов.	2	-			ПК-1, ПК-2
2	Процессы переноса импульса	10	6		12	ПК-2
3	Процессы переноса теплоты	16	6		12	ПК-2
4	Процессы переноса массы	8	6		12	ПК-2
	ИТОГО	36	18		36	

4.2 Занятия лекционного типа.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
1	Введение. Задачи курса Связь с другими дисциплинами, его роль в подготовке специалистов.	2	
2, 3, 4	Основные уравнения молекулярного переноса. Закон внутреннего трения Ньютона в обобщенной форме. Жидкости ньютоновские и неньютоновские. Законы Фурье и Фика. Зависимости коэффициентов переноса от температуры и давления. Коэффициенты изотермической диффузии, термодиффузии и бародиффузии.	2	Слайд-презентация
2, 3, 4	Основные уравнения переноса в сплошных средах Уравнения неразрывности для сжимаемых и несжимаемых, однокомпонентных и многокомпонентных сред, уравнение диффузии. Уравнение Навье-Стокса. Уравнение энергии. Уравнение теплопереноса. Аналогия процессов переноса импульса, теплоты и вещества. Исследование процессов переноса методом теории подобия. Основные числа подобия. Экспериментальное определение коэффициентов переноса Стационарные методы измерения коэффициентов вязкости, теплопроводности, диффузии. Периодические и импульсные методы. Одномерное течение сжимаемого газа Уравнение Бернулли и уравнение состояния. Скорость звука изотермическая и адиабатическая. Параметры заторможенного газа. Максимальная и критическая скорости. Движение газа в трубе переменного сечения. Сопло Лавая Ламинарное течение жидкости Сопротивление при стабилизированном течении жидкости в каналах. Нестабилизированное течение. Расчет длины участка стабилизации. Расчет силы сопротивления при обтекании тел. Пленочные течения. Режим захлебывания.	10	Слайд-презентация
2, 3, 4	Теплоперенос в твердых телах Математическая постановка задачи. Граничные условия 1-го, 2-го, 3-го и 4-го рода. Теплообмен при наличии распределенного источника теплоты. Сопряженные задачи теплообмена. Перенос теплоты при подвижной границе. Граничные условия Стефана.	4	Слайд-презентация

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
2, 3, 4	<p><i>Теплообмен при ламинарном режиме течения жидкости</i></p> <p>Теплообмен в трубах и плоскопараллельных каналах на участках тепловой и гидродинамической стабилизации. Влияние неизотермичности потока на теплообмен. Теплообмен при обтекании твердых тел. Теплообмен при пленочном течении жидкости. Теплоотдача при пленочной конденсации пара на стенке</p>	4	Слайд-презентация
2, 3, 4	<p><i>Диффузия в твердых телах</i></p> <p>Математическая постановка задачи. Граничные условия. Диффузия, сопровождающаяся гетерогенной и гомогенной химической реакцией. Диффузия и химическая реакция внутри пористого катализатора.</p> <p><i>Массоперенос в ламинарных потоках</i></p> <p>Массоперенос в стекающей жидкостной пленке. Массоперенос при течении жидкости в трубе. Решение задач конвективной диффузии методом теории пограничного слоя и методом теории подобия.</p>	4	Слайд-презентация
2, 3, 4	<p><i>Уравнения турбулентного переноса импульса, теплоты и вещества</i></p> <p>Уравнения Рейнольдса для случаев переноса импульса, теплоты и вещества. Турбулентные напряжения. Турбулентная вязкость, температуропроводность и турбулентный коэффициент диффузии. Модели Прандтля и Тейлора для одномерных потоков. Длина пути перемешивания. О локальном гидродинамическом подобии. Модели Кармана и Обухова. Тензор турбулентных напряжений для пространственного потока.</p>	4	Слайд-презентация
2, 3, 4	<p><i>Турбулентное течение жидкости</i></p> <p>Сопротивление при стабилизированном течении жидкости в каналах. Нестабилизированное течение. Расчет длины участка стабилизации. Расчет силы сопротивления при обтекании тел</p> <p><i>Теплообмен при турбулентном режиме жидкости</i></p> <p>Решение задач теплообмена на основе полуэмпирической теории турбулентного переноса. Динамическая скорость. Связь динамической скорости с диссипацией энергии. Теплоперенос в жидкости при течении в трубах и каналах. Теплообмен при кипении жидкости. Кризис кипения. Условия подавления кипения. Теплообмен при течении газожидкостных смесей. Теплообмен при пленочном течении</p> <p><i>Массоперенос в турбулентных потоках</i></p> <p>Массоперенос на границе жидкость – твердое тело. Аналогия между массопередачей и теплопередачей. Массопередача при одновременном протекании химической реакции. Массообмен на границе раздела газ – жидкость. Пленочная теория. Теория обновления. Теория проникания</p>	6	Слайд-презентация

4.3 Семинары, практические занятия

4.3.1 Практические занятия

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
2	Течение бингамовской жидкости в кольцевом канале	3	групповая дискуссия
2, 3, 4	Определение параметров бингамовской жидкости	3	групповая дискуссия
2, 3, 4	Дисперсный состав. Нормальный логарифмический закон распределения.	3	групповая дискуссия
2, 3, 4	Скорость осаждения полидисперсных частиц. Расчет сгустителя	3	групповая дискуссия
2, 3, 4	Расчет параметров пленочного течения, режим захлебывания	3	групповая дискуссия
2, 3, 4	Расчет электронагревателя	3	групповая дискуссия

4.4 Самостоятельная работа обучающихся.

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
2	Процессы переноса импульса: Приборы для определения реологической характеристики. Расчет сопротивления входного участка канала	2	Устный опрос
3	Процессы переноса теплоты: Оребрение теплообменных поверхностей. Расчет коэффициента теплопередачи.	2	Письменный опрос
4	Процессы переноса массы: Массоперенос с одновременно протекающей хи-	2	Устный опрос
2, 3, 4	Решение индивидуальной задачи по теме практических занятий	6	Индивидуальные задачи
2, 3, 4	Выполнение курсового проекта	6	Этапы курсовой работы

4.4.1 Тематика контрольных работ

Контрольные работы (Кр) предусмотрены по каждой теме занятий семинарского типа. Задание по каждой контрольной работе включает в себя задачу и вопросы, обусловленные ее постановкой.

Примерные варианты индивидуальных задач:

Пример 1. Экспериментально измеренный интегральный дисперсный состав порошка задан точками

$$\begin{aligned}d < 5 \text{ мкм} & \text{ ---- } 2 \%, \\d < 25 \text{ мкм} & \text{ ---- } 28 \%, \\d < 50 \text{ мкм} & \text{ ---- } 72 \%, \\d < 95 \text{ мкм} & \text{ ---- } 98 \%,\end{aligned}$$

В предположении, что распределение частиц по размерам подчиняется нормальному логарифмическому закону, найти дисперсный состав при разделении полного диапазона диаметров на 20 фракций.

Пример 2.

Для вращения с частотой “ n ” цилиндра диаметром 10 мм, погруженного в бингамовскую жидкость на глубину 100 мм требуется приложить к цилиндру крутящий момент M . Вычислить коэффициенты μ и $\epsilon_{r,\varphi}$ в уравнении

$$\tau = \tau_0 + \mu \times \epsilon_{r,\varphi},$$

если при $n = 5$ $M = 1 \cdot 10^{-5}$ Н·м, а при $n = 25$ об/мин $M = 8.3 \cdot 10^{-5}$ Н·м.

4.4.2 Курсовая работа

Курсовая работа заключается в разработке алгоритма и программы расчета единицы оборудования для реализации конкретного процесса химической технологии.

Результаты выполненных расчетов представляются в виде расчетно-пояснительной записки (объемом 20-25 страниц машинописного текста), содержащей выполненные расчеты, необходимые графики и диаграммы.

Примерные темы курсовых работ

- 1 Разработка программы расчета тарельчатой ректификационной колонны для разделения системы вода-этиловый спирт.
- 2 Разработка программы расчета каскада выпарных аппаратов для концентрирования алюминатного раствора. Прямоточная схема
- 3 Разработка программы расчета температурной депрессии в выпарных аппаратах для различных систем.
- 4 Разработка программы расчета каскада выпарных аппаратов для концентрирования алюминатного раствора. Противоточная схема
- 5 Разработка программы расчета сгустителя вертикального типа для разделения монодисперсной суспензии.
- 6 Разработка программы расчета классификатора вертикального типа.

Данные для выполнения курсовой работы содержатся в индивидуальном задании.

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 защиты курсовой работы и экзамена.

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

Экзамен предусматривают выборочную проверку освоения предусмотренных элементов компетенций, и состоят из двух теоретических вопросов (для проверки знаний) из перечня вопросов к экзамену.

Время подготовки студента к устному ответу – до 45 мин.

Пример варианта билета на экзамене:

Билет № 1

1. Уравнения молекулярного переноса: закон внутреннего трения Ньютона, закон Фурье, закон Фика, закон Соре
2. Уравнение Бернулли для сжимаемого газа. Параметры заторможенного газа. Сопло Лаваля

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в Приложении № 1

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

а) основная литература:

7.1 Угинчус, А. А. Гидравлика и гидравлические машины: учебник для машиностроительных спец. Вузов / А. А. Угинчус. – М.: Аз-book, 2009. – 395 с.

7.2 Касаткин, А. Г. Основные процессы и аппараты химической технологии: учебник для вузов / А. Г. Касаткин. – М.: Альянс, 2014. – 752 с.

7.3 Доманский, И.В. Основы гидромеханики: учеб. пособие / И.В. Доманский, В. А. Некрасов – СПб.: СПбТИ(ТУ), 2015. – 122 с. (ЭБ)

б) дополнительная литература:

7.4 Общий курс процессов и аппаратов химической технологии: учебник для вузов по химико-технологическим направлениям и спец. / В. Г. Айнштейн [и др.]; под ред. В. Г. Айнштейна. - 2-е изд. – М.: Физматкнига; М.: ЛОГОС. - (Новая университетская библиотека).

Кн. 1. - 2006. – 888+22 с.: ил.

Кн. 2. - 2006. – 891-1758 с.: ил.

7.5 Кудинов, В. А. Гидравлика: учебное пособие для вузов по направлениям подготовки (специальностям) в области техники и технологии / В. А. Кудинов, Э. М. Карташов. – 3-е изд., стер. – М.: Высш. шк., 2008. – 199 с.

7.6 Основные процессы и аппараты химической технологии [Текст]: пособие по проектированию: Учебное пособие для химико-технологических спец. вузов / Г. С. Борисов [и др.] ; под ред. Ю. И. Дытнерского. – 4-е изд., стер., перепеч. с изд. 1991 г. – М.: Альянс, 2015. – 493 с.

в) вспомогательная литература:

7.7 Брагинский, Л. Н. Перемешивание в жидких средах / Л. Н. Брагинский, В. И. Бегачев, В. М. Барабаш. – Л.: Химия, 1984. – 336 с.

7.8 Соколов, В.Н. Газожидкостные реакторы / В. Н. Соколов, И. В. Доманский. – Л.: Машиностроение, 1976. – 216 с.

7.9 Кутателадзе, С.С. Основы теории теплообмена / С. С. Кутателадзе. М.: Химия, 1979. – 415 с.

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

учебный план, РПД и учебно-методические материалы:

<http://media.technolog.edu.ru>

электронно-библиотечные системы:

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

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

9 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

Все виды занятий по дисциплине «Явления тепло-массопереноса в химической технологии» 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 УКДВ. Виды учебных занятий. Самостоятельная планируемая работа студентов. Общие требования к организации и проведению.

СТП СПбГТИ 016-2015. КС УКДВ. 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 приходиться, имея багаж знаний и вопросов по уже изученному материалу.

10 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

10.1 Информационные технологии.

В учебном процессе по данной дисциплине предусмотрено использование информационных технологий:

чтение лекций с использованием слайд-презентаций;
взаимодействие с обучающимися посредством электронной почты.

10.2 Программное обеспечение.

Microsoft Office (Microsoft Excel);
Mathcad14

10.3. 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.

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

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»**

1 Перечень компетенций и этапов их формирования.

Компетенции		
Индекс	Формулировка	Этап формирования
ПК-1	способностью к систематическому изучению научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по соответствующему профилю подготовки	промежуточный
ПК-2	умением моделировать технические объекты и технологические процессы с использованием стандартных пакетов и средств автоматизированного проектирования, готовностью проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом результатов	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 разделов № 2 – 4	Знает основные уравнения переноса импульса, теплоты и вещества;	Правильные ответы на вопросы №1 – 40	ПК-1, ПК-2
Освоение разделов № 2 – 4	Знает виды краевых условий в задачах тепло- и массообмена.	Правильные ответы на вопросы №1 – 40	ПК-1, ПК-2
Освоение разделов № 2 – 4	Умеет составлять математическое описание поведения сплошных и неоднородных сред	Правильные ответы на вопросы №1 – 40	ПК-1, ПК-2
Освоение разделов № 2 – 4	Владеет навыками и умением численного решения систем алгебраических и дифференциальных уравнений с помощью персональных ВМ;	Правильные ответы на вопросы №1 – 40	ПК-1, ПК-2
Освоение разделов № 2 – 4	Владеет навыками и умением анализировать получаемые решения	Правильные ответы на вопросы №1 – 40	ПК-1, ПК-2
Освоение разделов № 2 – 4	Знает процессы сжатия газов, принцип действия компрессорных машин	Правильные ответы на вопросы №1 – 40	ПК-1, ПК-2

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

3 Типовые контрольные задания для проведения промежуточной аттестации на зачете:

Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента по компетенции ПК-1, ПК-2:

- 1** Уравнения молекулярного переноса: закон внутреннего трения Ньютона, закон Фурье, закон Фика, закон Соре.
- 2** Уравнение неразрывности для сплошных однокомпонентной и двухкомпонентной сред. Источники вещества.
- 3** Уравнение Навье-Стокса для несжимаемой жидкости. Физический смысл слагаемых. Условие прилипания.
- 4** Уравнение энергии. Физический смысл слагаемых. Источники энергии.
- 5** Общая постановка задач тепло- и массообмена. Начальные и граничные условия.
- 6** Граничные условия первого рода в задачах тепло- и массопереноса. Условия применения этого условия.
- 7** Граничные условия второго рода в задачах тепло- и массопереноса. Условия применения этого условия.
- 8** Граничные условия третьего рода в задачах тепло- и массопереноса. Условия применения этого условия.
- 9** Граничные условия четвертого рода в задачах тепло- и массопереноса.
- 10** Аналогия процессов тепло- и массопереноса. Условия существования подобия. Критерии подобия.
- 11** Уравнение Бернулли для сжимаемого газа. Параметры заторможенного газа. Сопло Лаваля.
- 12** Уравнение акустики в одномерных задачах. Скорость звука.
- 13** Формулировка задач стационарной теплопроводности при наличии и отсутствии источников теплоты. Критическая толщина теплоизоляции.
- 14** Формулировка задач нестационарной теплопроводности. Регулярный режим.
- 15** Формулировка задач конвективного теплообмена при вынужденном ламинарном течении жидкости в каналах.
- 16** Конвективный теплообмен при ламинарном обтекании тел (внешняя задача). Аналогия Рейнольдса
- 17** Конвективный теплообмен при свободной конвекции и ламинарном режиме. Формулировка задач.
- 18** Формулировка задач стационарной диффузии при наличии и отсутствии источников вещества.
- 19** Конвективный массоперенос при ламинарном режиме течения жидкости. Тройная аналогия.
- 20** Метод пластины для измерения коэффициента теплопроводности.
- 21** Метод пластины для измерения относительного значения коэффициента теплопроводности.
- 22** Метод бесконечно протяженного цилиндра для измерения коэффициента теплопроводности.
- 23** Метод Кольрауша для измерения коэффициента теплопроводности.
- 24** Квазистационарный метод измерения коэффициента теплопроводности и коэффициента диффузии.
- 25** Метод регулярного режима для измерения коэффициента теплопроводности.
- 26** Турбулентный режим течения жидкости. Уравнение Рейнольдса. Тензор турбулентных или кажущихся напряжений.
- 27** Уравнение турбулентного теплопереноса. Тензор турбулентной температуропроводности.
- 28** Уравнение турбулентного массопереноса. Тензор турбулентной диффузии.

- 29 Модель Прандтля для расчета турбулентных напряжений. Универсальный профиль скоростей.
- 30 Расчет динамической скорости через диссипацию энергии при воздействии нескольких источников турбулентности.
- 31 Конвективный теплообмен при турбулентном режиме в трубах, при барботаже, при пленочном течении жидкости.
- 32 Теплообмен при конденсации насыщенного пара при ламинарном и при турбулентном режимах стекания пленки конденсата.
- 33 Пограничный слой при обтекании полубесконечной пластины. Оценка длины участка гидродинамической стабилизации при ламинарном и при турбулентном режимах течения жидкости в трубах.
- 34 Параметры теплового пограничного слоя при обтекании полубесконечной пластины.
- 35 Свободная турбулентность. Оценка роста ширины зоны турбулентного перемешивания вблизи свободной границы. Поле скоростей в свободной струе.
- 36 Простейшие модели конвективного массообмена: пленочная модель, пенетрационная модель, модель обновления Данкверста.
- 37 Турбулентный массоперенос на границе раздела жидкость-твердое тело при стабилизированном течении.
- 38 Турбулентный массоперенос на границе раздела жидкость-твердое тело при нестабилизированном течении.
- 39 Особенности турбулентного массопереноса на границе раздела газ-жидкость.
- 40 Интенсификация массопереноса при химической абсорбции.

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

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

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

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

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