

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ

Ивангородский гуманитарно-технический институт (филиал)  
федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего  
образования

"Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического  
приборостроения"

Кафедра № 2

УТВЕРЖДАЮ

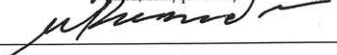
Ответственный за образовательную  
программу

проф., д.ф.-м.н.

(должность, уч. степень, звание)

Ю.В. Рождественский

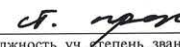
(инициалы, фамилия)



«19» 06 2025 (подпись)

Лист согласования рабочей программы дисциплины

Программу составил (а)

  
(должность, уч. степень, звание)

  
(подпись, дата)

  
(инициалы, фамилия)

Программа одобрена на заседании кафедры № 2

«19» июня 2025 г, протокол № 10

Заведующий кафедрой № 2

д.ф.-м.н.  
(уч. степень, звание)

  
(подпись, дата)

Ю.В. Рождественский  
(инициалы, фамилия)

Заместитель директора ИФ ГУАП по методической работе

(должность, уч. степень, звание)

  
(подпись, дата)

Н.В. Шуссер  
(инициалы, фамилия)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Теплообменное оборудование»  
(Наименование дисциплины)

|   |   |
|---|---|
| Код направления подготовки/<br>специальности          | 18.03.01                                    |
| Наименование направления<br>подготовки/ специальности | Химическая технология                       |
| Наименование<br>направленности                        | Технология переработки природного газа (ИФ) |
| Форма обучения  | очная                                       |
| Год приема  |   |

## Аннотация

Дисциплина «Теплообменное оборудование» входит в образовательную программу высшего образования – программу бакалавриата по направлению подготовки/специальности 18.03.01 «Химическая технология» направленности «Технология переработки природного газа (ИФ)». Дисциплина реализуется кафедрой «№2».

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника следующих компетенций:

УК-2 «Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений»

ПК-1 «Способен анализировать технологический процесс как объект управления»

ПК-2 «Способен систематизировать и обобщать информацию по использованию технологического оборудования предприятия»

ПК-3 «Способен осуществлять оперативный контроль ведения технологического процесса и выполнения технологических операций с целью выявления технологических потерь на объектах нефтегазопереработки и нефтегазохимии»

ПК-4 «Способен вести учет расхода сырья, присадок, реагентов, катализаторов, энергоресурсов, выпуска готовой продукции»

ПК-5 «Способен осуществлять контроль выполнения мероприятий, направленных на устранение нарушений технологического режима в процессе переработки нефти, газа и химического сырья»

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с тепломассобменными процессами и оборудованием.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, лабораторные работы, самостоятельная работа обучающегося.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля: текущий контроль успеваемости, промежуточная аттестация в форме экзамена.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 6 зачетных единиц, 216 часов.

Язык обучения по дисциплине «русский»

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

1.1. Цели преподавания дисциплины

Формирование навыков в области тепловых, материальных, гидравлических и прочностных расчетах теплообменного оборудования, выбора стандартного и вспомогательного оборудования, организации прогрессивных принципов и схем теплообменных процессов с рациональным использованием источников.

1.2. Дисциплина входит в состав части, формируемой участниками образовательных отношений, образовательной программы высшего образования (далее – ОП ВО).

1.3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОП ВО.

В результате изучения дисциплины обучающийся должен обладать следующими компетенциями или их частями. Компетенции и индикаторы их достижения приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень компетенций и индикаторов их достижения

| Категория (группа) компетенции | Код и наименование компетенции  | Код и наименование индикатора достижения компетенции   |
|--------------------------------|---|--|
| Универсальные компетенции      | УК-2 Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений | УК-2.У.2 уметь использовать нормативную и правовую документацию  |
| Профессиональные компетенции   | ПК-1 Способен анализировать технологический процесс как объект управления   | ПК-1.У.1 уметь применять методы анализа научно-технической информации<br>ПК-1.В.1 владеть навыками проведения работ по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований в областях химии и химической технологии, нефтехимии и газохимии                             |
| Профессиональные компетенции   | ПК-2 Способен систематизировать и обобщать информацию по использованию технологического оборудования предприятия  | ПК-2.У.1 уметь применять актуальную нормативную документацию в соответствующей области знаний  |
| Профессиональные компетенции   | ПК-3 Способен осуществлять оперативный контроль ведения технологического процесса и выполнения технологических  | ПК-3.3.1 знать технологический регламент объектов нефтегазопереработки и нефтегазохимии и технологии производства<br>ПК-3.3.3 знать назначение, устройство и технические характеристики оборудования объектов нефтегазопереработки и нефтегазохимии<br>ПК-3.3.4 знать нормативные правовые акты, |

|                              |   |  |
|------------------------------|---|--|
|                              | операций с целью выявления технологических потерь на объектах нефтегазопереработки и нефтегазохимии   | методические и другие руководящие материалы по проведению монтажных и пусконаладочных работ<br>ПК-3.У.2 уметь осуществлять оперативный контроль ведения технологического процесса и выполнения технологических операций с целью выявления технологических потерь на объектах нефтегазопереработки и нефтегазохимии<br>ПК-3.В.1 владеть навыками анализа фактических параметров работы оборудования объектов нефтегазопереработки и нефтегазохимии с целью выявления отклонений от заданных параметров технологического режима                      |
| Профессиональные компетенции | ПК-4 Способен вести учет расхода сырья, присадок, реагентов, катализаторов, энергоресурсов, выпуска готовой продукции   | ПК-4.У.1 уметь анализировать информацию о расходе сырья, присадок, реагентов, катализаторов, энергоресурсов в процессе переработки нефти, газа и химического сырья<br>ПК-4.В.1 владеть навыками расчета норм расхода сырья, присадок, реагентов, катализаторов, энергоресурсов   |
| Профессиональные компетенции | ПК-5 Способен осуществлять контроль выполнения мероприятий, направленных на устранение нарушений технологического режима в процессе переработки нефти, газа и химического сырья | ПК-5.3.2 знать назначение, устройство и технические характеристики инструментов, технических устройств, контрольно-измерительных приборов, средств пожаротушения, средств индивидуальной защиты, применяемых при выполнении технологического контроля процесса переработки нефти, газа и химического сырья<br>ПК-5.У.1 уметь проводить испытания и наладку оборудования на холостом ходу и под нагрузкой<br>ПК-5.В.1 владеть навыками предупреждения и устранения нарушений в технологическом процессе переработки нефти, газа и химического сырья |

## 2. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина может базироваться на знаниях, ранее приобретенных обучающимися при изучении следующих дисциплин:

- «Физика»,
- «Процессы и аппараты химической технологии»,

Знания, полученные при изучении материала данной дисциплины, имеют как самостоятельное значение, так и используются при изучении других дисциплин:

- «Основы проектирования химических производств»,

## 3. Объем и трудоемкость дисциплины

Данные об общем объеме дисциплины, трудоемкости отдельных видов учебной работы по дисциплине (и распределение этой трудоемкости по семестрам) представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Объем и трудоемкость дисциплины

| Вид учебной работы  | Всего  | Трудоемкость по семестрам |
|---|--------|---------------------------|
|   |        | №6                        |
| 1   | 2      | 3                         |
| <b>Общая трудоемкость дисциплины, ЗЕ/ (час)</b>   | 6/ 216 | 6/ 216                    |
| <b>Из них часов практической подготовки</b>   | 14     | 14                        |
| <b>Аудиторные занятия, всего час.</b>   | 51     | 51                        |
| в том числе:  |        |                           |
| лекции (Л), (час)   | 34     | 34                        |
| практические/семинарские занятия (ПЗ), (час)  |        |                           |
| лабораторные работы (ЛР), (час)   | 17     | 17                        |
| курсовой проект (работа) (КП, КР), (час)  |        |                           |
| экзамен, (час)  | 36     | 36                        |
| <b>Самостоятельная работа, всего (час)</b>  | 129    | 129                       |
| <b>Вид промежуточной аттестации:</b> зачет, дифф. зачет, экзамен (Зачет, Дифф. зач, Экз.**) | Экз.   | Экз.                      |

#### 4. Содержание дисциплины

4.1. Распределение трудоемкости дисциплины по разделам и видам занятий.

Разделы, темы дисциплины и их трудоемкость приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Разделы, темы дисциплины, их трудоемкость

| Разделы, темы дисциплины   | Лекции (час) | ПЗ (СЗ) (час) | ЛР (час) | КП (час) | СРС (час) |
|--|--------------|---------------|----------|----------|-----------|
| Семестр 6  |              |               |          |          |           |
| Раздел 1. Основные виды и классификация теплообменного оборудования промышленных предприятий, теплоносителей, их свойства, область применения<br>Тема 1.1. Назначение теплообменных аппаратов<br>Тема 1.2. Требования к теплообменной аппаратуре. Классификация теплообменников.   | 8            |               | 4        |          | 29        |
| Раздел 2. Основы конструирования теплообменной аппаратуры. Общие принципы проектирования<br>Тема 2.1. Выбор направления и схемы движения теплоносителей, распределение теплоносителей в пространстве теплообменника, выбор скоростей теплоносителей, способы сопряжения теплообменных трубок с трубными досками, способы компенсации термических напряжений в аппаратах, разбивка трубок в конструкции, основные конструкционные параметры трубного пучка теплообменника | 6            |               | 3        |          | 25        |
| Раздел 3. Кожухотрубчатые теплообменники<br>Тема 3.1. Общие сведения о КТТ   | 6            |               | 3        |          | 25        |

|  |    |   |    |   |     |
|--|----|---|----|---|-----|
| Раздел 4. Теплообменники с развитой поверхностью теплообмена из труб<br>Тема 4.1. Теплообменники «Труба в трубе»           | 6  |   | 3  |   | 25  |
| Раздел 5. Теплообменники с развитой поверхностью теплообмена из листового металла<br>Тема 5.1. Пластинчатые теплообменники | 6  |   | 3  |   | 25  |
| Итого в семестре:  | 34 |   | 17 |   | 129 |
| Итого  | 34 | 0 | 17 | 0 | 129 |
|  |    |   |    |   |     |

Практическая подготовка заключается в непосредственном выполнении обучающимися определенных трудовых функций, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

4.2. Содержание разделов и тем лекционных занятий.

Содержание разделов и тем лекционных занятий приведено в таблице 4.

Таблица 4 – Содержание разделов и тем лекционного цикла

| Номер раздела | Название и содержание разделов и тем лекционных занятий  |
|---------------|--|
| 1             | Основные виды и классификация теплообменного оборудования промышленных предприятий, теплоносителей, их свойства, область применения<br>Назначение теплообменных аппаратов. Область применения теплообменников. Требования к теплообменной аппаратуре.<br>Классификация теплообменников.  |
| 2             | Основы конструирования теплообменной аппаратуры.<br>Общие принципы проектирования<br>Выбор направления и схемы движения теплоносителей, распределение теплоносителей в пространстве теплообменника, выбор скоростей теплоносителей, способы сопряжения теплообменных трубок с трубными досками, способы компенсации термических напряжений в аппаратах, разбивка трубок в конструкции, основные конструкционные параметры трубного пучка теплообменника. |
| 3             | Кожухотрубчатые теплообменники<br>Общие сведения о КТТ. Теплообменники типа Н. Теплообменники полужесткой конструкции. Теплообменники нежесткой конструкции. Испарители с паровым пространством. Кожухотрубчатые вертикальные испарители.  |
| 4             | Теплообменники с развитой поверхностью теплообмена из труб<br>Теплообменники «Труба в трубе». Аппараты воздушного охлаждения. Погружные теплообменники. Оросительные теплообменники.   |
| 5             | Теплообменники с развитой поверхностью теплообмена из листового металла<br>Пластинчатые теплообменники. Спиральные   |

|  |  |
|--|--|
|  | теплообменники. Пластинчато-ребристые теплообменники. Компактные блочные разборные пластинчатые теплообменники Компаблок. Теплообменники из неметаллических материалов |
|--|--|

#### 4.3. Практические (семинарские) занятия

Темы практических занятий и их трудоемкость приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Практические занятия и их трудоемкость

| № п/п                           | Темы практических занятий | Формы практических занятий | Трудоемкость, (час) | Из них практической подготовки, (час) | № раздела дисциплины |
|---------------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------|---------------------------------------|----------------------|
| Учебным планом не предусмотрено |                           |                            |                     |                                       |                      |
| Всего                           |                           |                            |                     |                                       |                      |

#### 4.4. Лабораторные занятия

Темы лабораторных занятий и их трудоемкость приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Лабораторные занятия и их трудоемкость

| № п/п     | Наименование лабораторных работ   | Трудоемкость, (час) | Из них практической подготовки, (час) | № раздела дисциплины |
|-----------|---|---------------------|---------------------------------------|----------------------|
| Семестр 6 |   |                     |                                       |                      |
| 1         | Процессы теплообмена в теплообменном оборудовании   | 4                   |                                       | 1                    |
| 2         | Способы компенсации термических напряжений в аппаратах  | 3                   |                                       | 2                    |
| 3         | Исследование тепловой эффективности газожидкостного теплообменного аппарата из оребренных труб        | 3                   |                                       | 3                    |
| 4         | Исследование тепловых характеристик жидкостно- жидкостного аппарата типа «труба в трубе»              | 3                   |                                       | 3                    |
| 5         | Исследование теплоаэродинамических характеристик рекуперативных пластинчатых теплообменных аппаратов. | 3                   |                                       | 3                    |
| Всего     |   | 17                  |                                       |                      |

#### 4.5. Курсовое проектирование/ выполнение курсовой работы

Учебным планом не предусмотрено

#### 4.6. Самостоятельная работа обучающихся

Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость

| Вид самостоятельной работы                        | Всего,<br>час | Семестр 6,<br>час |
|---|---------------|-------------------|
| 1   | 2             | 3                 |
| Изучение теоретического материала дисциплины (ТО) | 50            | 50                |
| Курсовое проектирование (КП, КР)                  |               |                   |
| Расчетно-графические задания (РГЗ)                |               |                   |
| Выполнение реферата (Р)                           |               |                   |
| Подготовка к текущему контролю успеваемости (ТКУ) | 29            | 29                |
| Домашнее задание (ДЗ)                             |               |                   |
| Контрольные работы заочников (КРЗ)                |               |                   |
| Подготовка к промежуточной аттестации (ПА)        | 50            | 50                |
| Всего:  | 129           | 129               |

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)  
Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся указаны в п.п. 7-11.

6. Перечень печатных и электронных учебных изданий  
Перечень печатных и электронных учебных изданий приведен в таблице 8.  
Таблица 8– Перечень печатных и электронных учебных изданий

| Шифр/<br>URL адрес  | Библиографическая ссылка   | Количество экземпляров в библиотеке (кроме электронных экземпляров) |
|---|--|---|
| Лань : электронно-библиотечная система. — URL:<br><a href="https://e.lanbook.com/book/504261">https://e.lanbook.com/book/504261</a> | Январев, И. А. Тепловые схемы и теплообменное оборудование теплоэнергетических установок : учебное пособие / И. А. Январев. — Омск : ОмГТУ, 2024. — 156 с. — ISBN 978-5-8149-3830-5. — Текст : электронный //  |   |
| Лань : электронно-библиотечная система. — URL:<br><a href="https://e.lanbook.com/book/458054">https://e.lanbook.com/book/458054</a> | Бикмухаметова, М. А. Технический сервис и ремонт технологического оборудования предприятий нефтегазопереработки : учебное пособие / М. А. Бикмухаметова, Э. М. Мусабиров. — Уфа : УГНТУ, 2023. — 248 с. — ISBN 978-5-7831-2389-4. — Текст : электронный // |   |
| Лань : электронно-библиотечная  | Филимонов, А. С. Тепловые  |   |

|   |  |  |
|---|--|--|
| система. — URL:<br><a href="https://e.lanbook.com/book/382643">https://e.lanbook.com/book/382643</a>                              | процессы и теплообменное оборудование химических производств : учебное пособие / А. С. Филимонов. — Москва : РТУ МИРЭА, 2023. — 34 с. — ISBN 978-5-7339-1925-6. — Текст : электронный //       |  |
| Лань : электронно-библиотечная система. — URL:<br><a href="https://e.lanbook.com/book/88444">https://e.lanbook.com/book/88444</a> | Изучение работы рекуперативного теплообменного аппарата : методические указания / составители И. В. Иванова [и др.]. — Санкт-Петербург : СПбГЛТУ, 2016. — 16 с. — Текст : электронный //       |  |
| Лань : электронно-библиотечная система. — URL:<br><a href="https://e.lanbook.com/book/88443">https://e.lanbook.com/book/88443</a> | Расчет рекуперативного парожидкостного теплообменного аппарата : методические указания / составители И. Н. Дюкова [и др.]. — Санкт-Петербург : СПбГЛТУ, 2016. — 48 с. — Текст : электронный // |  |

#### 7. Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины приведен в таблице 9.

Таблица 9 – Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

| URL адрес   | Наименование                                   |
|---|--|
| <a href="https://minenergo.gov.ru">https://minenergo.gov.ru</a> | Министерство энергетики Российской Федерации - |

#### 8. Перечень информационных технологий

8.1. Перечень программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Перечень используемого программного обеспечения представлен в таблице 10.

Таблица 10– Перечень программного обеспечения

| № п/п | Наименование                       |
|-------|------------------------------------|
| 1     | Microsoft Office Professional Plus |
| 2     | Microsoft Windows 10 Professional  |
| 3     | Microsoft Visio                    |
| 4     | Firefox                            |
| 5     | Acrobat Reader DC                  |
| 6     | Консультант Плюс                   |

|    |                    |
|----|--------------------|
| 7  | 7-Zip              |
| 8  | Gnu/Linux (Ubuntu) |
| 9  | OpenOffice         |
| 10 | LibreOffice        |

8.2. Перечень информационно-справочных систем, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Перечень используемых информационно-справочных систем представлен в таблице 11.

Таблица 11– Перечень информационно-справочных систем

| № п/п | Наименование     |
|-------|------------------|
|       | Не предусмотрено |

### 9. Материально-техническая база

Состав материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине, представлен в таблице 12.

Таблица 12 – Состав материально-технической базы

| № п/п | Наименование составной части материально-технической базы  | Номер аудитории (при необходимости) |
|-------|--|-------------------------------------|
| 1     | <p>Учебная аудитория для занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, самостоятельной работы № 207</p> <p>Основное оборудование:<br/> стол преподавателя – 1 шт.<br/> столы ученические – 15 шт.<br/> стулья – 24 шт.<br/> доска маркерная – 1 шт.<br/> тематические стенды – 4 шт.<br/> Системный блок UNIVERSAL i5 D2 O3Y 16 GB VGA 2 GB – 8 шт<br/> Системный блок UNIVERSAL i5 D2 O3Y 16 GB VGA 4 GB 1- шт<br/> Монитор Philips 24 3v5q – 18 шт<br/> Клавиатура 9 - шт<br/> Мышь 9 – шт<br/> Проектор BENQ MW526E DLP – 1 шт.<br/> Кронштейн для проектора – 1 шт.<br/> Коммутатор D-Link 16 port – 1 шт.<br/> Удлинитель HDMI GH-ERHD032 30m – 1 шт.<br/> Фильтр сетевой КУБ – 3 шт<br/> Сетевой фильтр Defender ES – 2 шт<br/> VR шлем PICO 4 128 GB– 2шт</p> | 207                                 |
| 2     | <p>Помещения для организации самостоятельной работы № 111</p> <p>Библиотека, читальный зал:<br/> Мебель;<br/> WiFi с выходом в вычислительную сеть ИФ ГУАП и</p>   | 111                                 |

|   |   |  |
|---|---|--|
|   | <p>Интернет, обеспечивающий доступ в электронную информационно-образовательную среду организации и к подписным ресурсам: Электронно-библиотечные системы «ZNANIUM», «Юрайт», «Лань»;</p> <p>Оборудованные места для самостоятельной работы, зонированные офисными перегородками – 6 шт.</p> <p>Системный блок UNIVERSAL i3 D2 -8 шт</p> <p>Монитор ACER V173Dob - 8 шт</p> <p>Клавиатура 8 - шт</p> <p>Мышь Genius PS/2 - 8 шт</p> <p>МФУ Kyocera m2035dn - 2 шт</p> <p>Коммутатор 8 port -2 шт</p>   |  |
| 3 | <p>Лаборатория аппаратчиков химических технологий</p> <p>Стенд выполнения практических работ: тип управления - компьютерное; габариты 1700x900x850; 220В, 1000ВА, Вес: 200 кг. Технические характеристики: лабораторный комплекс завода по производству минеральных удобрений с датчиками, устройствами и контроллерами. Изучение: автоматизи; интерактивный макет технологической линии по производству гранул; бункер подачи сырья; барабанный просеиватель "ГРОХОТ"; гранулятор; датчик уровня, температуры, скорости, вращения барабанного просеивателя;</p> <p>контроллер подключения к SCADA-системе для управления и снятия характеристик с датчиков;</p> <p>программируемый логический контроллер;</p> <p>модуль аналогового ввода/вывода;</p> <p>персональный компьютер частотой 3,0 ГГц;</p> <p>оперативная память 16 Гб;</p> <p>жесткий диск 120 Гб;</p> <p>видеомодуль 6 Гб памяти;</p> <p>монитор диагональю 19" с разрешением 1920x1080;</p> <p>клавиатура;</p> <p>мышь;</p> <p>лабораторный стол;</p> <p>компьютерный стол;</p> <p>комплект силовых кабелей и соединительных проводов.</p> |  |

#### 10. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

10.1. Состав оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине приведен в таблице 13.

Таблица 13 – Состав оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

| Вид промежуточной аттестации | Перечень оценочных средств            |
|------------------------------|---------------------------------------|
| Экзамен                      | Список вопросов к экзамену;<br>Тесты. |

10.2. В качестве критериев оценки уровня сформированности (освоения) компетенций обучающимися применяется 5-балльная шкала оценки сформированности компетенций, которая приведена в таблице 14. В течение семестра может использоваться 100-балльная шкала модульно-рейтинговой системы Университета, правила

использования которой, установлены соответствующим локальным нормативным актом ГУАП.

Таблица 14 – Критерии оценки уровня сформированности компетенций

| Оценка компетенции<br>5-балльная шкала | Характеристика сформированных компетенций   |
|--|---|
| «отлично»<br>«зачтено»                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>– обучающийся глубоко и всесторонне усвоил программный материал;</li> <li>– уверенно, логично, последовательно и грамотно его излагает;</li> <li>– опираясь на знания основной и дополнительной литературы, тесно привязывает усвоенные научные положения с практической деятельностью направления;</li> <li>– умело обосновывает и аргументирует выдвигаемые им идеи;</li> <li>– делает выводы и обобщения;</li> <li>– свободно владеет системой специализированных понятий.</li> </ul> |
| «хорошо»<br>«зачтено»                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>– обучающийся твердо усвоил программный материал, грамотно и по существу излагает его, опираясь на знания основной литературы;</li> <li>– не допускает существенных неточностей;</li> <li>– увязывает усвоенные знания с практической деятельностью направления;</li> <li>– аргументирует научные положения;</li> <li>– делает выводы и обобщения;</li> <li>– владеет системой специализированных понятий.</li> </ul>  |
| «удовлетворительно»<br>«зачтено»       | <ul style="list-style-type: none"> <li>– обучающийся усвоил только основной программный материал, по существу излагает его, опираясь на знания только основной литературы;</li> <li>– допускает несущественные ошибки и неточности;</li> <li>– испытывает затруднения в практическом применении знаний направления;</li> <li>– слабо аргументирует научные положения;</li> <li>– затрудняется в формулировании выводов и обобщений;</li> <li>– частично владеет системой специализированных понятий.</li> </ul>                 |
| «неудовлетворительно»<br>«не зачтено»  | <ul style="list-style-type: none"> <li>– обучающийся не усвоил значительной части программного материала;</li> <li>– допускает существенные ошибки и неточности при рассмотрении проблем в конкретном направлении;</li> <li>– испытывает трудности в практическом применении знаний;</li> <li>– не может аргументировать научные положения;</li> <li>– не формулирует выводов и обобщений.</li> </ul>   |

### 10.3. Типовые контрольные задания или иные материалы.

Вопросы (задачи) для экзамена представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Вопросы (задачи) для экзамена

| № п/п | Перечень вопросов (задач) для экзамена                                 | Код индикатора |
|-------|--|----------------|
| 1.    | Что такое теплообменный аппарат?                                       | УК-2.У.2       |
| 2.    | Что такое массообменный аппарат?                                       | ПК-1.У.1       |
| 3.    | Что такое тепломассообменный аппарат?                                  | ПК-1.В.1       |
| 4.    | Как классифицируют теплоносители по назначению?                        | ПК-2.У.1       |
| 5.    | Как классифицируют теплоносители по диапазону рабочих температур?      | ПК-3.3.1       |
| 6.    | Как классифицируют теплообменные аппараты по назначению?               | ПК-3.3.3       |
| 7.    | Как классифицируют теплообменные аппараты по способу передачи теплоты? | ПК-3.3.4       |

|     |   |          |
|-----|---|----------|
| 8.  | В каких случаях и с какой целью выполняется поверочный тепловой расчет теплообменного аппарата?               | ПК-3.У.2 |
| 9.  | В каких случаях и с какой целью выполняется конструктивный тепловой расчет теплообменного аппарата?           | ПК-3.В.1 |
| 10. | С какой целью выполняется гидравлический тепловой расчет теплообменного аппарата?                             | ПК-4.У.1 |
| 11. | Что такое скрытая теплота парообразования жидкости?   | ПК-4.В.1 |
| 12. | От чего зависят потери напора трение и на местное сопротивление?  | ПК-5.3.2 |
| 13. | В чем заключается преимущество противоточной схемы движения теплоносителей по сравнению с прямоточной?        | ПК-5.У.1 |
| 14. | Чем отличаются рекуперативные теплообменники от регенеративных.   | ПК-5.В.1 |
| 15. | Каковы преимущества противоточной схемы движения теплоносителей по сравнению с прямоточной.                   | УК-2.У.2 |
| 16. | Перечислите основные физические свойства теплоносителей.  | ПК-1.У.1 |
| 17. | Какими свойствами должен обладать идеальный теплоноситель?  | ПК-1.В.1 |
| 18. | Какое оптимальное соотношение скоростей теплоносителей соответствует максимальному значению энергетического   | ПК-2.У.1 |
| 19. | коэффициента?   | ПК-3.3.1 |
| 20. | Какова цель теплового расчёта теплообменника?   | ПК-3.3.3 |
| 21. | В каких случаях температурный напор рассчитывается как среднеарифметический?                                  | ПК-3.3.4 |
| 22. | Какова цель гидродинамического расчёта теплообменника?  | ПК-3.У.2 |
| 23. | От чего зависят потери напора на сопротивление трению и на местные сопротивления?                             | ПК-3.В.1 |
| 24. | Перечислите способы повышения тепловой эффективности теплообменных установок.                                 | ПК-4.У.1 |
| 25. | Опишите сферу применения различных парожидкостных теплообменников.  | ПК-4.В.1 |
| 26. | Почему область применения аппаратов жёсткой конструкции лимитируется давлением?                               | ПК-5.3.2 |
| 27. | Какова цель теплового расчёта ТОА?  | ПК-5.У.1 |
| 28. | Напишите уравнение теплового баланса ПЖТОА.   | ПК-5.В.1 |
| 29. | Что такое «скрытая теплота парообразования»?  | УК-2.У.2 |
| 30. | Напишите формулу Нуссельта для определения коэффициента теплоотдачи при плёночной конденсации водяного пара.  | ПК-1.У.1 |
| 31. | Расставьте перегородки в верхней и нижней камере ТОА с прямыми трубками.                                      | ПК-1.В.1 |
| 32. | В чём заключается преимущество методики Лабунцова по сравнению с методикой Нуссельта?                         | ПК-2.У.1 |
| 33. | Напишите критериальное уравнение для определения коэффициента теплоотдачи при движении жидкости внутри трубы. | ПК-3.3.1 |
| 34. | Какова цель гидравлического расчёта теплообменников?  | ПК-3.3.3 |

|     |   |          |
|-----|---|----------|
| 35. | От чего зависят потери напора трение и на местное сопротивление?                          | ПК-3.3.4 |
| 36. | Чем отличаются рекуперативные теплообменники от регенеративных.                           | ПК-3.У.2 |
| 37. | Опишите сферу применения различных регенеративных теплообменников.                        | ПК-3.В.1 |
| 38. | Из каких материалов применяются насадки?  | ПК-4.У.1 |
| 39. | В чём заключается основное преимущество регенеративных ТО по сравнению с рекуперативными? | ПК-4.В.1 |
| 40. | Опишите конструкцию и принцип действия регенеративного воздухоподогревателя (РВП).        | ПК-5.3.2 |
| 41. | Основной недостаток РВП?  | ПК-5.У.1 |
| 42. | Особенности расчёта аппаратов с неподвижной и движущейся насадкой?                        | ПК-5.В.1 |
| 43. | Опишите сферу применения различных рекуперативных теплообменников.                        | УК-2.У.2 |
| 44. | Аппарат с непосредственным контактом газов и жидкости (скрубберы)                         | ПК-1.У.1 |

Вопросы (задачи) для зачета / дифф. зачета представлены в таблице 16.  
Таблица 16 – Вопросы (задачи) для зачета / дифф. зачета

| № п/п | Перечень вопросов (задач) для зачета / дифф. зачета | Код индикатора |
|-------|---|----------------|
|       | Учебным планом не предусмотрено                     |                |

Перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы представлены в таблице 17.

Таблица 17 – Перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы

| № п/п | Примерный перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы |
|-------|--|
|       | Учебным планом не предусмотрено  |

Вопросы для проведения промежуточной аттестации в виде тестирования представлены в таблице 18.

Таблица 18 – Примерный перечень вопросов для тестов

| № п/п | Примерный перечень вопросов для тестов  | Код индикатора |
|-------|---|----------------|
| 1     | Аппарат, в котором передача теплоты от одного теплоносителя к другому происходит, с помощью теплоаккумулирующей насадки называется<br>А) рекуперативным<br>Б) контактным<br>В) регенеративным<br>Г) барботажным | УК-2.У.2       |
| 2     | Аппараты с принудительной циркуляцией применяются для повышения<br>А) коэффициента теплопередачи<br>Б) коэффициента теплопроводности<br>В) коэффициента теплоотдачи<br>Г) коэффициента аккумуляции тепла        | ПК-1.У.1       |

|    |   |          |
|----|---|----------|
| 3  | <p>В кожухотрубчатых теплообменных аппаратах трубки чаще всего выполняются прямыми</p> <p>А) для задержания теплоносителя внутри аппарата</p> <p>Б) для получения большой поверхности нагрева в небольшом объеме</p> <p>В) для увеличения скорости теплоносителя</p> <p>Г) для удобства чистки и замены</p>   | ПК-1.В.1 |
| 4  | <p>В межтрубном пространстве кожухотрубчатых теплообменных аппаратов устанавливают перегородки</p> <p>А) для задержания теплоносителя внутри аппарата</p> <p>Б) для компенсации температурных удлинений</p> <p>В) для контроля за расходом теплоносителя</p> <p>Г) для удобства эксплуатации</p>              | ПК-2.У.1 |
| 5  | <p>В многокорпусных выпарных установках экономия пара достигается за счет увеличения</p> <p>А) температуры и давления</p> <p>Б) концентрации</p> <p>В) поверхности теплообмена</p> <p>Г) температуры</p>  | ПК-3.3.1 |
| 6  | <p>В случае, если перепады давления между греющей и нагреваемой средами в аппарате достигают 10 Мпа и более, применяют</p> <p>А) пластинчатые ТОА</p> <p>Б) секционные ТОА</p> <p>В) спиральные ТОА</p> <p>Г) змеевиковые теплообменники</p>  | ПК-3.3.3 |
| 7  | <p>В случае, когда коэффициент теплоотдачи для одного из теплоносителей значительно ниже, чем для второго применяют</p> <p>А) ребристые теплообменные аппараты</p> <p>Б) спиральные теплообменные аппараты</p> <p>В) кожухотрубчатые теплообменные аппараты</p> <p>Г) пластинчатые теплообменные аппараты</p> | ПК-3.3.4 |
| 8  | <p>Вакуум – выпарка позволяет</p> <p>А) проводить выпаривание при высокой температуре нагревающего агента</p> <p>Б) увеличить поверхность теплообмена</p> <p>В) уменьшить разность температур между нагревающим агентом и кипящим раствором</p> <p>Г) снизить температуру кипения растворов</p>               | ПК-3.У.2 |
| 9  | <p>Вещество, отдающее, теплоту другому веществу называется</p> <p>А) теплоносителем</p> <p>Б) теплопроводчиком</p> <p>В) температуропроводчиком</p> <p>Г) теплопроводчиком</p>  | ПК-3.В.1 |
| 10 | <p>Адсорбция вызываемая силами взаимодействия молекул</p> <p>А) технологической</p> <p>Б) физической</p> <p>поглощаемого вещества с адсорбентом называется</p> <p>В) механической</p> <p>Г) химической</p>  | ПК-4.У.1 |
| 11 | <p>Аппараты _____ действия представляют собой обычно сосуды большой вместимости, которые через определенные промежутки</p>  | ПК-4.В.1 |

|    |   |          |
|----|---|----------|
|    | времени заполняют обрабатываемым материалом или одним из теплоносителей, нагревают или охлаждают его и затем удаляют (выгружают).   |          |
| 12 | В стационарном режиме работают, как правило, аппараты _____ действия. При этом в них поддерживают постоянные во времени расходы, концентрации, температуры сред на входе в аппарат и выходе из него. Изменение расходов теплоносителей и их параметров в таких аппаратах имеет место при их включении и выключении из работы и при переходе с одного стационарного режима на другой.  | ПК-5.3.2 |
| 13 | Развитие техники и технологии привело к созданию теплообменников, в которых теплота передается от греющего теплоносителя к нагреваемому с помощью _____ теплоносителя. К таким аппаратам относятся теплотрубные теплообменники, в которых теплота от нагретых сред и тел передается холодным в процессе циркуляции попеременно испаряющегося в области высоких температур и конденсирующегося в холодной области промежуточного теплоносителя, заключенного в герметичные трубы, часть наружной поверхности которых помещена в нагретую среду или омывается ею, а другая их часть омывается охлаждающей средой. | ПК-5.У.1 |
| 14 | _____ аппарат с поверхностью нагрева представляют собой теплообменники-испарители, как правило, с паровым обогревом. В большинстве из них предусматривается значительное надрастворное пространство для сепарации из вторичного пара жидкой и твердой фаз   | ПК-5.В.1 |

Перечень тем контрольных работ по дисциплине обучающихся заочной формы обучения, представлены в таблице 19.

Таблица 19 – Перечень контрольных работ

| № п/п | Перечень контрольных работ |
|-------|----------------------------|
|       | Не предусмотрено           |

10.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания индикаторов, характеризующих этапы формирования компетенций, содержатся в локальных нормативных актах ГУАП, регламентирующих порядок и процедуру проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся ГУАП.

#### 11. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

11.1. Методические указания для обучающихся по освоению лекционного материала.

Основное назначение лекционного материала – логически стройное, системное, глубокое и ясное изложение учебного материала. Назначение современной лекции в рамках дисциплины не в том, чтобы получить всю информацию по теме, а в освоении фундаментальных проблем дисциплины, методов научного познания, новейших достижений научной мысли. В учебном процессе лекция выполняет методологическую, организационную и информационную функции. Лекция раскрывает понятийный аппарат конкретной области знания, её проблемы, дает цельное представление о дисциплине, показывает взаимосвязь с другими дисциплинами.

Планируемые результаты при освоении обучающимися лекционного материала:

- получение современных, целостных, взаимосвязанных знаний, уровень которых определяется целевой установкой к каждой конкретной теме;
- получение опыта творческой работы совместно с преподавателем;
- развитие профессионально-деловых качеств, любви к предмету и самостоятельного творческого мышления.
- появление необходимого интереса, необходимого для самостоятельной работы;
- получение знаний о современном уровне развития науки и техники и о прогнозе их развития на ближайшие годы;
- научиться методически обрабатывать материал (выделять главные мысли и положения, приходить к конкретным выводам, повторять их в различных формулировках);
- получение точного понимания всех необходимых терминов и понятий.

Лекционный материал может сопровождаться демонстрацией слайдов и использованием раздаточного материала при проведении коротких дискуссий об особенностях применения отдельных тематик по дисциплине.

Структура предоставления лекционного материала:

- текст;
- графический материал в виде презентации.

11.2. Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных работ

В ходе выполнения лабораторных работ обучающийся должен углубить и закрепить знания, практические навыки, овладеть современной методикой и техникой эксперимента в соответствии с квалификационной характеристикой обучающегося. Выполнение лабораторных работ состоит из экспериментально-практической, расчетно-аналитической частей и контрольных мероприятий.

Выполнение лабораторных работ обучающимся является неотъемлемой частью изучения дисциплины, определяемой учебным планом, и относится к средствам, обеспечивающим решение следующих основных задач обучающегося:

- приобретение навыков исследования процессов, явлений и объектов, изучаемых в рамках данной дисциплины;
- закрепление, развитие и детализация теоретических знаний, полученных на лекциях;
- получение новой информации по изучаемой дисциплине;
- приобретение навыков самостоятельной работы с лабораторным оборудованием и приборами.

Задание и требования к проведению лабораторных работ

Лабораторные работы выполняются в лаборатории на лабораторных установках с заполнением протокола измерений.

Структура и форма отчета о лабораторной работе

Отчет по лабораторной работе включает обязательные пункты, представленные в методических указаниях.

Требования к оформлению отчета о лабораторной работе

Требования к оформлению отчета представлены в методических указаниях.

Методические указания изданы в виде электронных ресурсов библиотеки ГУАП.

Титульный лист отчета должен соответствовать шаблону, приведенному в секторе нормативной документации ГУАП <https://guap.ru/regdocs/docs/uch>.

Оформление основной части отчета должно быть оформлено в соответствии с ГОСТ 7.32-2017. Требования приведены в секторе нормативной документации ГУАП <https://guap.ru/regdocs/docs/uch>.

При формировании списка источников студентам необходимо руководствоваться требованиями стандарта ГОСТ 7.0.100-2018. Примеры оформления списка источников приведены в секторе нормативной документации ГУАП. <https://guap.ru/regdocs/docs/uch>.

11.3. Методические указания для обучающихся по прохождению самостоятельной работы

В ходе выполнения самостоятельной работы, обучающийся выполняет работу по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Для обучающихся по заочной форме обучения, самостоятельная работа может включать в себя контрольную работу.

В процессе выполнения самостоятельной работы, у обучающегося формируется целесообразное планирование рабочего времени, которое позволяет им развивать умения и навыки в усвоении и систематизации приобретаемых знаний, обеспечивает высокий уровень успеваемости в период обучения, помогает получить навыки повышения профессионального уровня.

Методическими материалами, направляющими самостоятельную работу обучающихся являются:

- учебно-методический материал по дисциплине;
- методические указания по выполнению контрольных работ (для обучающихся по заочной форме обучения).

11.4. Методические указания для обучающихся по прохождению текущего контроля успеваемости.

Текущий контроль успеваемости предусматривает контроль качества знаний обучающихся, осуществляемого в течение семестра с целью оценивания хода освоения дисциплины.

Текущий контроль осуществляется в виде устного опроса.

11.5. Методические указания для обучающихся по прохождению промежуточной аттестации.

Промежуточная аттестация обучающихся предусматривает оценивание промежуточных и окончательных результатов обучения по дисциплине. Она включает в себя:

- экзамен – форма оценки знаний, полученных обучающимся в процессе изучения всей дисциплины или ее части, навыков самостоятельной работы, способности применять их для решения практических задач. Экзамен, как правило, проводится в период экзаменационной сессии и завершается аттестационной оценкой «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно». Экзамен проводится в письменной форме. Система оценок при проведении текущего контроля и промежуточной аттестации осуществляется в соответствии с руководящим документом организации РДО ГУАП. СМК 3.76 «Положение о текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся ГУАП, осваивающих образовательные программы высшего образования»

Лист внесения изменений в рабочую программу дисциплины

| Дата внесения изменений и дополнений.<br>Подпись внесшего изменения | Содержание изменений и дополнений | Дата и № протокола заседания кафедры | Подпись зав. кафедрой |
|---|-----------------------------------|--------------------------------------|-----------------------|
|   |                                   |                                      |                       |
|   |                                   |                                      |                       |
|   |                                   |                                      |                       |
|   |                                   |                                      |                       |
|   |                                   |                                      |                       |