Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 18.09.2025 17:19:39
Уникальный программный ключ:
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Факультет урбанистики и городского хозяйства

УТВЕРЖДАЮ
Декан
_____ /К.И. Лушин/
27 февраля 2025 года

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Проектирование тепломассообменных аппаратов»

Направление подготовки
13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Профиль
Распределенная тепловая энергетика

Квалификация
Магистр

Формы обучения
Очная и заочная

Москва, 2025 г.

Разработчик(и):

Профессор кафедры «Промышленная теплоэнергетика», д.т.н., профессор _____ / С.Д. Корнеев /

Доцент кафедры «Промышленная теплоэнергетика», к.т.н., доцент _____ / Л.А. Марюшин /
И.О. Фамилия

Согласовано:

Заведующий кафедрой «Промышленная теплоэнергетика», к.т.н., доцент _____ / Л.А. Марюшин /
И.О. Фамилия

Содержание

1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине 4
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы 5
3. Структура и содержание дисциплины 5
   - 3.1 Виды учебной работы и трудоемкость 5
   - 3.2 Тематический план изучения дисциплины 6
   - 3.3 Содержание дисциплины 7
   - 3.4 Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий 9
4. Учебно-методическое и информационное обеспечение 9
   - 4.1 Нормативные документы и ГОСТы 9
   - 4.2 Основная литература 9
   - 4.3 Дополнительная литература 10
   - 4.4 Электронные образовательные ресурсы 10
   - 4.5 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение 11
   - 4.6 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы 11
5. Материально-техническое обеспечение 11
6. Методические рекомендации 12
   - 6.1 Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения 12
   - 6.2 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины 13
7. Фонд оценочных средств 13
   - 7.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения 13
   - 7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения 13
   - 7.3 Оценочные средства 14

1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

К **основным целям** освоения дисциплины «Проектирование тепломассообменных аппаратов» следует отнести:

– формирование знаний о современных принципах, методах и средствах проектирования специальных теплообменных аппаратов;

– выработка навыков у студентов самостоятельно формулировать и решать задачи проектирования тепломассообменных аппаратов;

– подготовка студентов к деятельности в соответствии с квалификационной характеристикой магистра по направлению, в том числе формирование умений по выявлению необходимых усовершенствований и разработке новых, более эффективных методов проектирования тепломассообменных аппаратов.

К **основным задачам** освоения дисциплины «Проектирование тепломассообменных аппаратов» следует отнести:

– выработать навыки у студентов самостоятельно формулировать задачи проектирования тепломассообменных аппаратов и использования их в промышленных установках;

– научить мыслить системно на примерах повышения энергетической эффективности энергетических установок с учетом технологических, экологических и экономических факторов;

– научить анализировать существующие методики проектирования тепломассообменных аппаратов и внедрять необходимые изменения в их структуре с позиций повышения эффективности и энергосбережения;

– дать информацию о новых методах проектирования тепломассообменных аппаратов в отечественной и зарубежной практике, развивать способности объективно оценивать преимущества и недостатки систем использования и передачи теплоты;

– научить анализировать результаты моделирования тепломассообменных аппаратов, производить поиск оптимизационного решения для теплоэнергетических систем.

Обучение по дисциплине «Проектирование тепломассообменных аппаратов» направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций:

Код и наименование компетенций	Индикаторы достижения компетенции
ПК-2. Способность к организации работы проектного подразделения по разработке систем внутреннего теплоснабжения, отопления, вентиляции, кондиционирования воздуха, воздушного отопления, противодымной вентиляции	ИПК-2.1. Выбирает системы обеспечения тепловых режимов оборудования в зависимости от его типа, технических характеристик и режимов работы ИПК-2.2. Проводит тепловые и гидравлические расчеты объектов теплоэнергетики и теплотехники и систем обеспечения тепловых режимов работы оборудования ИПК-2.3. Составляет, сопоставляет и выбирает схемы систем обеспечения тепловых режимов

	ИПК-2.4. Применяет методы оптимизации и современные компьютерные программы при проектировании оборудования и выборе оптимальных режимов его работы ИПК-2.5. Выбирает и конструирует оборудование систем обеспечения тепловых режимов работы приборов и оборудования

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к части, формируемая участниками образовательных отношений блока Б1 «Дисциплины (модули)».

Дисциплина «Проектирование тепломассообменных аппаратов» взаимосвязана логически и содержательно-методически со следующими дисциплинами и практиками ООП:

1. Проектирование и эксплуатация теплоэнергетических установок;
2. Проектирование и эксплуатация высокотемпературных теплотехнологических установок;
3. Проектирование и эксплуатация источников и систем теплоснабжения;
4. Проблемы энерго- и ресурсосбережения в теплоэнергетике, теплотехнике и теплотехнологии;
5. Проектирование и эксплуатация систем отопления и вентиляции;
6. Технологии энергосбережения.

3. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет **5** зачетных единиц (**180** часов).

3.1 Виды учебной работы и трудоемкость
(по формам обучения)

3.1.1. Очная форма обучения

№ п/п	Вид учебной работы	Количество часов	Семестры
			4
1	**Аудиторные занятия**	**54**	54
	В том числе:		
1.1	Лекции	18	18
1.2	Семинарские/практические занятия	36	36
1.3	Лабораторные занятия	-	-
2	**Самостоятельная работа**	**126**	
	В том числе:		
2.1	Самостоятельное изучение	126	126
3	**Промежуточная аттестация**		
	Зачет/диф.зачет/экзамен		Экзамен
	Итого	**180**	180

3.1.2. Заочная форма обучения

№ п/п	Вид учебной работы	Количество часов	Семестры
			4
1	**Аудиторные занятия**	**40**	40
	В том числе:		
1.1	Лекции	14	14
1.2	Семинарские/практические занятия	26	26
1.3	Лабораторные занятия	-	-
2	**Самостоятельная работа**	**140**	140
	В том числе:		
2.1	Самостоятельное изучение	140	140
3	**Промежуточная аттестация**		
	Зачет/диф.зачет/экзамен		Экзамен
	Итого	**180**	180

3.2 Тематический план изучения дисциплины

(по формам обучения)

3.2.1. Очная форма обучения

№ п/п	Разделы/темы дисциплины	Трудоемкость, час					
		Всего	Аудиторная работа				Самостоятельная работа
			Лекции	Семинарские/ практические занятия	Лабораторные занятия	Практическая подготовка	
1	Раздел 1.						
1.1	Тема 1. Введение	14	2	2	-		10
1.2	*Тема 2.* Инженерные методы проектирования компактных теплообменников	18	2	4	-		12
1.3	Тема 3. Температурные поля в конструкциях компактных теплообменников и их термическая эффективность	18	2	4	-		12
1.4	Тема 4. Особенности конструкций и расчёта холодильно-сушильных агрегатов	18	2	4	-		12
1.5	*Тема 5.* Теплообменные устройства систем термостабилизации радиоэлектронных приборов	26	2	4	-		20
1.6	*Тема 6.* Радиационные теплообменники космических аппаратов	30	4	6	-		20

1.7	*Тема 7.* Основы теории и расчёта молярных тепловодов	56	4	12	-		40
	Итого	**180**	**18**	**36**			**126**

3.2.2. Заочная форма обучения

№ п/п	**Разделы/темы дисциплины**	**Трудоемкость, час**					
		Всего	**Аудиторная работа**				**Самостоятельная работа**
			Лекции	Семинарские/ практические занятия	Лабораторные занятия	Практическая подготовка	
1	Раздел 1.						
1.1	Тема 1. Введение	13	1	2			10
1.2	*Тема 2.* Инженерные методы проектирования компактных теплообменников	26	2	4			20
1.3	Тема 3. Температурные поля в конструкциях компактных теплообменников и их термическая эффективность	16	2	4			10
1.4	Тема 4. Особенности конструкций и расчёта холодильно-сушильных агрегатов	26	2	4			20
1.5	*Тема 5.* Теплообменные устройства систем термостабилизации радиоэлектронных приборов	26	2	4			20
1.6	*Тема 6.* Радиационные теплообменники космических аппаратов	26	2	4			20
1.7	*Тема 7.* Основы теории и расчёта молярных тепловодов	47	3	4			40
Итого		**180**	**14**	**26**			**140**

3.3 Содержание дисциплины

Раздел 1. Четвёртый семестр.

Тема 1. Введение

Предмет, задачи и содержание дисциплины. Место тепломассообменных аппаратов в структуре энергетического комплекса предприятия. Принципы эффективного проектирования и моделирования тепломассообменных аппаратов. Основные термины и определения.

***Тема 2.* Инженерные методы проектирования компактных теплообменников**

Общие вопросы проектирования тепломассообменных аппаратов. Требования, предъявляемые к тепломассообменным устройствам систем искусственного климата

различного назначения. Классификация теплообменных аппаратов, применяемых в специальных системах искусственного климата и их назначение. Основные характеристики компактных теплообменников и методы их определения. Особенности расчёта коэффициентов теплопередачи и эффективности оребрённых поверхностей

Автоматизированное проектирование теплообменных аппаратов. Блок-схемы машинных методов проектирования теплообменных аппаратов с учетом относительности движения потоков и фазовых превращений теплоносителей. Учет ограничений на геометрические и функциональные параметры.

Тема 3. Температурные поля в конструкциях компактных теплообменников и их термическая эффективность

Методы анализа и выбора поверхностей теплообмена. Методы определения эффективности теплообмена оребренных поверхностей, анализ одномерных и двухмерных температурных полей в теплообменниках для различных условий теплообмена с окружающей средой, различных схем относительного движения теплоносителей и различного характера потоков в гладкоканальных и жалюзийных гофрах и при поперечном омывании трубного пучка.

Проектирование воздушно-жидкостных испарительных теплообменников, предназначенных для работы в условиях перегрузок и невесомости. Способы сепарации влаги в испарительных теплообменниках. Капиллярные и пленочные испарители.

Особенности проектирования топливо-воздушных теплообменников. Многопоточные теплообменники.

Тема 4. Особенности конструкций и расчёта холодильно-сушильных агрегатов

Специальные теплотехнические устройства систем обеспечения теплового режима космических аппаратов.

Теплообменники влажного воздуха. Назначение и принцип работы холодильно-сушильных агрегатов. Особенности конструкций и методов расчета конденсаторов осушителей. Методы удаления и сбора конденсата в условиях невесомости. Основы расчета капиллярных конденсаторов.

Тема 5. **Теплообменные устройства систем термостабилизации радиоэлектронных приборов**

Методы расчета испарительных и проточных термоплат для охлаждения радиоэлектронного оборудования. Определение температурных полей в зоне подвода теплоты.

Тема 6. **Радиационные теплообменники космических аппаратов**

Классификация конструкций радиаторов-излучателей. Эффективность излучающих ребер. Оптические свойства излучающих поверхностей и их влияние на температурный режим радиатора. Методы расчета радиационных теплообменников. Методы достижения заданной надёжности при существовании вероятности метеоритного пробоя поверхности.

Тема 7. **Основы теории и расчёта молярных тепловодов**

Физические основы молярных тепловодов. Тепловые трубы и замкнутые испарительно-конденсационные системы как молярные тепловоды. Принцип устройства и функционирования. Классификация тепловых труб по температурным уровням, конструктивному оформлению, организации движения теплоносителя, назначению. Физические условия переноса тепла и массы в тепловых трубах, режимы их работы.

Проектирование тепловых труб с гомогенной фитильной структурой. Структурные и

переносные характеристики гомогенных фитильных структур. Гидродинамический и термодинамический анализ процессов переноса тепла и массы в тепловых трубах с сетчатой фитильной структурой. Анализ распределения температур по зонам переноса. Ограничения теплопередающей способности тепловых труб.

Инженерные методы расчета сетчатых тепловых труб и способы представления их рабочих характеристик. Номографические методы расчета и построения рабочих характеристик и линий проводимости.

Проектирование тепловых труб с гетерогенной фитильной структурой. Особенности переноса тепла и массы в тепловых трубах с аксиальными и резьбовыми капиллярными канавками. Структурное распределение жидкости в единичной канавке. Интенсивность переноса тепла при испарении и конденсации жидкости на развитых поверхностях.

Регулирование характеристик тепловых труб. Способы регулирования рабочих характеристик тепловых труб. Понятие о чувствительности и пределах регулирования. Влияние температуры и объёма нейтрального газа на предел регулирования температуры. Оценка влияния давления заполнения и способа охлаждения на рабочие характеристики газорегулируемых тепловых труб.

3.4 Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий

3.4.1. Семинарские/практические занятия

Тема 1. Расчет пластинчатого рекуператора.

Тема 2. Расчет змеевикового теплообменника с оребрением теплопередающей поверхности.

Тема 3. Расчёт температурных полей и эффективности одноходового или двухходового по холодному потоку теплообменника с перекрёстным током теплоносителей.

Тема 4. Проектный (по сухому воздуху) и поверочный (по влажному воздуху) расчёт холодильно - сушильного агрегата.

Тема 5. Проектный расчёт космического радиационного теплообменника.

Тема 6. Расчёт линии проводимости для тепловой трубы с сетчатой фитильной структурой.

Тема 7. Решение задач оптимизации теплообмена.

4. Учебно-методическое и информационное обеспечение

4.1 Нормативные документы и ГОСТы

1. Энергетическая стратегия РФ до 2035 года // Министерство энергетики РФ. [Электронный ресурс]: URL: https://minenergo.gov.ru/node/1026.

4.2 Основная литература

1. Моисеев Б.В. Промышленная теплоэнергетика [Электронный ресурс]: учеб. / Б.В. Моисеев, Ю.Д. Земенков, С.Ю. Торопов. — Электрон. дан. — Тюмень: ТюмГНГУ, 2014. — 236 с.

2. Теплоэнергетика и теплотехника: Справочная серия: В 4 кн. Кн. 4. Промышленная теплоэнергетика и теплотехника: справочник [Электронный ресурс]: справ. — Электрон. дан. — Москва: Издательский дом МЭИ, 2007. — 632 с.

3. Сазанов Б.В. Промышленные теплоэнергетические установки и системы: учеб. пособие для вузов [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Б.В. Сазанов, В.И. Ситас. — Электрон. дан. — Москва: Издательский дом МЭИ, 2014. — 275 с.

4. Бакланова В.Г. Теплообменные аппараты низкотемпературных установок и систем термостатирования. Часть 1. «Аппараты трубчатого и пластинчато- ребристого типов» [Электронный ресурс]: учеб. пособие / В.Г. Бакланова, Ю.А. Шевич. — Электрон. дан. — Москва: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011. — 68 с.

5. Теплообменные аппараты ТЭС: справочник: в 2 кн. Книга 1 [Электронный ресурс]: справ. / Даминов А.З. [и др.]. — Электрон. дан. — Москва: Издательский дом МЭИ, 2016. — 490 с.

4.3 Дополнительная литература

1. Семенов Б.А. Инженерный эксперимент в промышленной теплотехнике, теплоэнергетике и теплотехнологиях [Электронный ресурс]: учеб. пособие — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: Лань, 2013. — 384 с.

2. Теплоэнергетические установки: Сборник нормативных документов [Электронный ресурс]: сб. — Электрон. дан. — Москва: ЭНАС, 2013. — 384 с.

3. Таранова Л.В. Теплообменные аппараты и методы их расчета: учебное пособие [Электронный ресурс]: учеб. пособие — Электрон. дан. — Тюмень: ТюмГНГУ, 2009. — 152 с.

4. Дюкова И.Н. Газодинамический и тепловой расчет теплообменного аппарата: методические указания [Электронный ресурс]: метод. указ. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: СПбГЛТУ, 2012. — 24 с.

5. Справочник по теплообменным аппаратам паротурбинных установок [Электронный ресурс]: справ. / Бродов Ю.М. [и др.]. — Электрон. дан. — Москва: Издательский дом МЭИ, 2016. — 480 с.

6. Лавыгин В.М., Теплообменные аппараты ТЭС: учеб. пособие для вузов [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Лавыгин В.М., Назмеев Ю.Г.. — Электрон. дан. — Москва: Издательский дом МЭИ, 2007. — 269 с.

4.4 Электронные образовательные ресурсы

Проведение занятий и аттестаций возможно в дистанционном формате с применением системы дистанционного обучения университета (СДО-LMS) на основе разработанных кафедрой электронных образовательных ресурсов (ЭОР) по всем разделам программы:

Название ЭОР	
Проектирование тепломассообменных аппаратов	https://online.mospolytech.ru/course/view.php?id=11705

Разработанный ЭОР включает в себя: лекционный и практический материал; самостоятельную работу (в виде реферата, РГР, курсовой работы или проекта); видеоматериалы; промежуточный и итоговый тесты.

Порядок проведения работ в дистанционном формате устанавливается отдельными распоряжениями проректора по учебной работе и/или центром учебно-методической работы.

Каждый студент обеспечен индивидуальным неограниченным доступом к электронным библиотекам университета *(*http://lib.mami.ru/lib/content/elektronnyy-katalog*)*.

Ссылка на электронную библиотеку:
https://online.mospolytech.ru/course/view.php?id=7621&section=1

4.5 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

1. МойОфис – российская компания-разработчик безопасных офисных решений для общения и совместной работы с документами (Альтернатива MS Office) https://myoffice.ru/
2. Платформа nanoCAD – это российская платформа для проектирования и моделирования объектов различной сложности. Поддержка форматов *.dwg и IFC делает ее отличным решением для совмещения САПР- и BIM-технологий. Функционал платформы может быть расширен с помощью специальных модулей https://www.nanocad.ru/support/education/
3. Система трехмерного моделирования «КОМПАС-3D» https://edu.ascon.ru/main/download/freeware/
4. VALTEC.PRG.3.1.3. Программа для теплотехнических и гидравлических расчетов https://valtec.ru/document/calculate/
5. Онлайн расчеты АВОК-СОФТ https://soft.abok.ru/help_desk/

4.6 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. Российская национальная библиотека http://www.nlr.ru
2. ЭБС «Университетская библиотека онлайн» https://biblioclub.ru/index.php
3. Научная электронная библиотека http://www.elibrary.ru
4. Российская государственная библиотека http://www.rsl.ru
5. Образовательная платформа ЮРАЙТ http://www.urait.ru
6. «Техэксперт» – справочная система, предоставляющая нормативно-техническую, нормативно-правовую информацию https://техэксперт.сайт/
7. НП «АВОК» – помощник инженера по отоплению, вентиляции, кондиционированию воздуха, теплоснабжению и строительной теплофизике https://www.abok.ru/
8. Е-ДОСЬЕ – Электронный эколог. Независимая информация о российских организациях, база нормативных документов и законодательных актов https://e-ecolog.ru/
9. Инженерная сантехника VALTEC (каталог продукции и нормативная документация) https://valtec.ru/

5. Материально-техническое обеспечение

Для проведения лекционных занятий используются аудитории, оснащенные компьютерами, интерактивными досками, мультимедийными проекторами и экранами:

АВ2404, АВ2415 и аудитории общего фонда. Для проведения семинарских и лабораторных работ используются аудитории: АВ2406, АВ1101 и аудитории корпуса УРБАН.ТЕХНОГРАД Инновационно-образовательном комплексе «Техноград», который расположен на территории ВДНХ.

6. Методические рекомендации

6.1 Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения

6.1.1 Преподаватель организует преподавание дисциплины в соответствии с требованиями «Положения об организации образовательного процесса в Московском политехническом университете и его филиалах», утверждённым ректором университета.

6.1.2 На первом занятии преподаватель доводит до сведения студентов содержание рабочей программы дисциплины (РПД).

6.1.3 Преподаватель особенно обращает внимание студентов на:

- виды и формы проведения занятий по дисциплине, включая порядок проведения занятий с применением технологий дистанционного обучения и системы дистанционного обучения университета (СДО Московского Политеха);
- виды, содержание и порядок проведения текущего контроля успеваемости в соответствии с фондом оценочных средств;
- форму, содержание и порядок проведения промежуточной аттестации в соответствии с фондом оценочных средств, предусмотренным РПД.

6.1.4 Преподаватель доводит до сведения студентов график выполнения учебных работ, предусмотренных РПД.

6.1.5 Преподаватель рекомендует студентам основную и дополнительную литературу.

6.1.6 Преподаватель предоставляет перед промежуточной аттестацией (экзаменом или зачётом) список вопросов для подготовки.

6.1.7 Преподаватели, которые проводят лекционные и практические (семинарские) занятия, согласуют тематический план практических занятий, чтобы использовать единую систему обозначений, терминов, основных понятий дисциплины.

6.1.8 При подготовке к семинарскому занятию по перечню объявленных тем преподавателю необходимо уточнить план их проведения, согласно РПД, продумать формулировки и содержание учебных вопросов, выносимых на обсуждение, ознакомиться с перечнем вопросов по теме семинара.

В ходе семинара во вступительном слове раскрыть практическую значимость темы семинарского занятия, определить порядок его проведения, время на обсуждение каждого учебного вопроса. Использовать фронтальный опрос давая возможность выступить всем студентам, присутствующим на занятии.

В заключительной части семинарского занятия следует подвести итоги: дать оценку выступлений каждого студента и учебной группы в целом. Раскрыть положительные стороны и недостатки проведенного семинарского занятия. Ответить на вопросы студентов. Выдать задания для самостоятельной работы по подготовке к следующему занятию.

6.1.9 Целесообразно в ходе защиты рефератов, лабораторных работ, курсовых работ и проектов задавать выступающим и аудитории дополнительные и уточняющие вопросы с целью выяснения их позиций по существу обсуждаемых проблем.

Возможно проведение занятий и аттестаций в дистанционном формате с применением системы дистанционного обучения университета (СДО Московского Политеха).

6.1.10 Порядок проведения работ в дистанционном формате устанавливается отдельными распоряжениями проректора по учебной работе и/или центром учебно-методической работы.

6.2 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

6.2.1 Студенту необходимо составить для себя график выполнения учебных работ, предусмотренных РПД с учётом требований других дисциплин, изучаемых в текущем семестре.

6.2.2 При проведении занятий и процедур текущей и промежуточной аттестации с использованием инструментов информационной образовательной среды дистанционного образования университета (СДО Московского Политеха), как во время контактной работы с преподавателем, так и во время самостоятельной работы студент должен обеспечить техническую возможность дистанционного подключения к системам дистанционного обучения. При отсутствии такой возможности обсудить ситуацию с преподавателем дисциплины.

6.2.3 К промежуточной аттестации допускаются только обучающиеся, выполнившие все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой дисциплины (РПД).

7. Фонд оценочных средств

7.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения

Контроль успеваемости и качества подготовки проводится в соответствии с требованиями "Положения об организации образовательного процесса в Московском политехническом университете".

Для контроля успеваемости и качества освоения дисциплины настоящей программой предусмотрены следующие виды контроля:

– контроль текущей успеваемости (текущий контроль);

– промежуточная аттестация.

В процессе обучения используются следующие оценочные формы самостоятельной работы студентов, оценочные средства текущего контроля успеваемости и промежуточных аттестаций:

- обсуждение вопросов по изученным темам;
- собеседование / устный опрос;
- разноуровневые задачи;
- контрольные работы;
- подготовка к тестированию и тестирование.

7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения

Показателем оценивания компетенций на различных этапах их формирования является достижение обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю).

Форма промежуточной аттестации: экзамен.

Промежуточная аттестация обучающихся в форме экзамена проводится по результатам выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных учебным планом по данной дисциплине (модулю), при этом учитываются результаты текущего контроля успеваемости в течение семестра. Оценка степени достижения обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю) проводится преподавателем, ведущим занятия по дисциплине (модулю) методом экспертной оценки. По итогам промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) выставляется оценка «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» или «неудовлетворительно».

К промежуточной аттестации допускаются только студенты, выполнившие все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой по дисциплине «Проектирование тепломассообменных аппаратов».

Шкала оценивания	Описание
Отлично	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
Хорошо	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует неполное, правильное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, либо если при этом были допущены 2-3 несущественные ошибки.
Удовлетворительно	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, в котором освещена основная, наиболее важная часть материала, но при этом допущена одна значительная ошибка или неточность.
Неудовлетворительно	Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных учебным планом. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

7.3 Оценочные средства

7.3.1. Текущий контроль

Для проведения текущего контроля применяются следующие формы: разноуровневые задачи и задания; доклад, сообщение; устный опрос, собеседование, тест.

7.3.2. Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация проводится на соответствующих формам обучения семестрах в форме экзамена.

Экзамен проводится по билетам, ответы предоставляются письменно с последующим устным собеседованием. Билеты формируются из вопросов представленного ниже перечня. В билет включается два вопроса из разных разделов дисциплины и одно практическое задание. Перечень вопросов соответствует темам, изученным на лекционных и семинарских занятиях (прилагается). Время на подготовку письменных ответов – до 40 мин, устное собеседование – до 10 минут.

7.3.3. Вопросы для зачета/экзамена

1. Общие вопросы проектирования тепломассообменных аппаратов.
2. Требования, предъявляемые к тепломассообменным устройствам систем

искусственного климата различного назначения.

3. Классификация теплообменных аппаратов, применяемых в специальных системах искусственного климата и их назначение.

4. Основные характеристики компактных теплообменников и методы их определения.

5. Особенности расчёта коэффициентов теплопередачи и эффективности оребрённых поверхностей.

6. Автоматизированное проектирование теплообменных аппаратов.

7. Блок-схемы машинных методов проектирования теплообменных аппаратов с учетом относительности движения потоков и фазовых превращений теплоносителей.

8. Учет ограничений на геометрические и функциональные параметры.

9. Методы анализа и выбора поверхностей теплообмена.

10. Методы определения эффективности теплообмена оребренных поверхностей.

11. Анализ одномерных и двухмерных температурных полей в теплообменниках для различных условий теплообмена с окружающей средой.

12. Анализ одномерных и двухмерных температурных полей в теплообменниках для различных схем относительного движения теплоносителей и различного характера потоков в гладкоканальных и жалюзийных гофрах и при поперечном омывании трубного пучка.

13. Проектирование воздушно-жидкостных испарительных теплообменников, предназначенных для работы в условиях перегрузок и невесомости.

14. Способы сепарации влаги в испарительных теплообменниках. Капиллярные и пленочные испарители.

15. Особенности проектирования топливо-воздушных теплообменников. Многопоточные теплообменники.

16. Специальные теплотехнические устройства систем обеспечения теплового режима космических аппаратов.

17. Теплообменники влажного воздуха.

18. Назначение и принцип работы холодильно-сушильных агрегатов.

19. Особенности конструкций и методов расчета конденсаторов осушителей.

20. Методы удаления и сбора конденсата в условиях невесомости. Основы расчета капиллярных конденсаторов.

21. Методы расчета испарительных и проточных термоплат для охлаждения радиоэлектронного оборудования.

22. Определение температурных полей в зоне подвода теплоты.

23. Классификация конструкций радиаторов-излучателей.

24. Эффективность излучающих ребер.

25. Оптические свойства излучающих поверхностей и их влияние на температурный режим радиатора.

26. Методы расчета радиационных теплообменников.

27. Методы достижения заданной надёжности при существовании вероятности метеоритного пробоя поверхности.

28. Физические основы молярных тепловодов.

29. Тепловые трубы и замкнутые испарительно-конденсационные системы как молярные тепловоды.

30. Принцип устройства и функционирования тепловых труб.

31. Классификация тепловых труб по температурным уровням, конструктивному оформлению, организации движения теплоносителя, назначению.

32. Физические условия переноса тепла и массы в тепловых трубах, режимы их работы.

33. Проектирование тепловых труб с гомогенной фитильной структурой.

34. Структурные и переносные характеристики гомогенных фитильных структур.

35. Гидродинамический и термодинамический анализ процессов переноса тепла и массы в тепловых трубах с сетчатой фитильной структурой.

36. Анализ распределения температур по зонам переноса.

37. Ограничения теплопередающей способности тепловых труб.

38. Инженерные методы расчета сетчатых тепловых труб и способы представления их рабочих характеристик.

39. Номографические методы расчета и построения рабочих характеристик и линий проводимости.

40. Проектирование тепловых труб с гетерогенной фитильной структурой.

41. Особенности переноса тепла и массы в тепловых трубах с аксиальными и резьбовыми капиллярными канавками.

42. Структурное распределение жидкости в единичной канавке.

43. Интенсивность переноса тепла при испарении и конденсации жидкости на развитых поверхностях.

44. Регулирование характеристик тепловых труб.

45. Способы регулирования рабочих характеристик тепловых труб.

46. Понятие о чувствительности и пределах регулирования.

47. Влияние температуры и объёма нейтрального газа на предел регулирования температуры.

48. Оценка влияния давления заполнения и способа охлаждения на рабочие характеристики газорегулируемых тепловых труб.