

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О.Сухого»

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе
ГГТУ им. П.О.Сухого

_____ А.А.Бойко

04.07.2019

Регистрационный № УДмаг-97/уч.

ПРОЦЕССЫ ТЕПЛООБМЕНА ПРИ ФАЗОВЫХ ПЕРЕХОДАХ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМАХ РАБОТЫ ТЕПЛОМАССООБМЕННЫХ АППАРАТОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ УСТАНОВОК

Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности магистратуры

1–43 80 03 «Теплоэнергетика и теплотехника»

Учебная программа составлена на основе:

проекта стандарта по магистратуре ОСВО 1-43 80 03 — 2019,
учебных планов учреждения образования «Гомельский государственный техни-
ческий университет имени П.О. Сухого» специальности 1-43 80 03 «Теплоэнер-
гетика и теплотехника» № I 43-2-07/уч. от 03.04.2019;
I 43-3-15/уч. от 03.04.2019.

СОСТАВИТЕЛИ:

А.В. Овсянник, доцент кафедры «Промышленная теплоэнергетика и экология»
учреждения образования «Гомельский государственный технический универси-
тет имени П.О. Сухого», кандидат технических наук, доцент;

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

А.О. Добродей, заведующий кафедрой «Электроснабжение», кандидат техниче-
ских наук, доцент учреждения образования «Гомельский государственный тех-
нический университет имени П.О. Сухого»;

В.М. Овчинников, профессор кафедры «Экология и энергоэффективность в тех-
носфере» УО «Белорусский государственный университет транспорта», канди-
дат технических наук, доцент.

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой «Промышленная теплоэнергетика и экология» учреждения образова-
ния «Гомельский государственный технический университет имени
П.О. Сухого»

(протокол № 21 от 30.04.2019); УД-УП-2-0094

Научно-методическим советом энергетического факультета учреждения об-
разования «Гомельский государственный технический университет имени
П.О. Сухого»

(протокол № 10 от 25.06.2019);

Научно-методическим советом учреждения образования «Гомельский государ-
ственный технический университет имени П.О. Сухого»

(протокол № 6 от 26.06.2019).

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Цели и задачи учебной дисциплины

Целью изучения дисциплины является освоение современных конструкций, методов расчета теплотехнологических схем, процессов и аппаратов с фазовым переходом, механизмов переноса тепловой энергии и фазовых переходов при кипении и конденсации на теплоотдающих поверхностях.

Задача изучения дисциплины заключается в приобретении навыков и умений оценивать, выбирать, оптимизировать и разрабатывать теплотехнологические схемы установок с аппаратами с фазовыми переходами, систем и их элементов.

Дисциплина базируется на материалах следующих дисциплин: «Гидрогазодинамика», «Техническая термодинамика», «Тепломассообмен».

Требования к знаниям и умениям магистрантов после изучения дисциплины

В результате освоения курса « ПТ при ФП при различных режимах работы ТМОАПУ» магистрант должен знать:

- особенности конструкции и принцип работы современного тепломассообменного оборудования;
- методику теплового конструктивного и гидравлического расчетов рекуперативных теплообменников (испарителей и конденсаторов), а также выбор оптимального варианта нормализованной конструкции;
- основные схемы теплотехнологических установок (выпарная, ректификационная, холодильная);
- механизмы процесса теплообмена при кипении и конденсации на различного типа поверхностях.

уметь:

- выполнять тепловой конструктивный и гидравлический расчеты рекуперативного теплообменника с фазовым переходом теплоносителей;
- разрабатывать технологические схемы тепломассообменных и холодильных установок;
- составлять материальный и тепловой балансы основных теплотехнологических установок, определять расход теплоносителей.

владеть:

- методикой составления материальных и тепловых балансов тепломассообменных аппаратов;
- основными приемами проектирования тепломассообменных аппаратов и установок;

– методами выбора оптимальных режимов работы тепломассообменных технологий.

СК-1. Быть способным выполнять процедуры синтеза и анализа при процессах проектирования и оптимизации тепловых и атомных электростанций с использованием современных IT-технологий

Требования к универсальным компетенциям

Магистр должен обладать следующими универсальными компетенциями:

УК-1. Быть способным применять методы научного познания (анализ, сопоставление, систематизация, абстрагирование, моделирование, проверка достоверности данных, принятие решений и др.) в самостоятельной исследовательской деятельности, генерировать и реализовывать инновационные идеи.

УК-2. Быть способным к разработке и использованию современных методического обеспечения и средств вычислительной техники при проведении научных исследований в области теплоэнергетики.

Требования к углубленным профессиональным компетенциям

Магистр должен обладать следующими углубленными профессиональными компетенциями:

УПК-1. Уметь планировать и проводить исследования для решения задач научно-исследовательской и инновационной деятельности, связанной с тепло-техническими объектами.

УПК-2. Уметь использовать новейшие информационные технологии при проведении научных исследований и компьютерном проектировании теплоэнергетических процессов и аппаратов.

УПК-3. Владеть современными аспектами развития технической термодинамики, уметь применять методы анализа реальных термодинамических процессов.

Количество часов по специальностям и формам получения образования:
специальность 1– 43 80 03 «Теплоэнергетика и теплотехника»:

общее количество часов составляет 90, из них аудиторных часов для дневной формы – 52 часа.

Общее количество часов и распределение аудиторного времени по видам занятий

Специальность, форма получения образования	Курс	Се- местр	Количество аудиторного времени, ч				
			Лекции	Практ.	Лабор.	Ауд.	Зач. ед.
1– 43 80 03 «Теплоэнергетика и теплотехника» (дневная форма)	1	1	34	18	-	52	3,0
1– 43 80 03 «Теплоэнергетика и теплотехника» (заочная форма)	1	1	8	6	-	14	3,0

Специальность, форма получения образования	Формы текущей аттестации, семестр			
	Экз.	Зачет	Тест	Курсовая работа
1– 43 80 03 «Теплоэнергетика и теплотехника» (дневная форма)	1	-	-	1
1– 43 80 03 «Теплоэнергетика и теплотехника» (заочная форма)	1	-	-	1

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Раздел 1. Основные виды промышленных тепломассообменных процессов, аппаратов и установок

Тема 1. Классификация тепломассообменных процессов и аппаратов
Понятия и определения. Теплотехнологические схемы. Классификация теплообменных, тепломассообменных процессов и аппаратов: по способу теплообмена; по времени; по назначению.

Тема 2. Назначение теплообменных и тепломассообменных аппаратов с фазовым переходом теплоносителей и место их применения в теплоэнергетических установках.

Раздел 2. Механизмы процессов переноса теплоты при фазовых переходах.

Тема 3. Механизм теплообмена при кипении на теплоотдающих поверхностях. Основные характеристики процесса.

Тема 4. Механизм теплообмена при конденсации на теплоотдающей поверхности. Основные характеристики процесса конденсации.

Раздел 3. Рекуперативные теплообменные аппараты

Тема 5. Рекуперативные теплообменные аппараты
Конструкции рекуперативных теплообменников (трубчатых, кожухотрубчатых, пластинчатых, спиральных) с фазовым переходом теплоносителей. Тепловой конструктивный и поверочный расчеты теплообменников; их основные элементы и узлы.

Гидравлический расчет аппаратов.

Раздел 4. Испарители и конденсаторы в составе теплоэнергетических установок

Тема 6. Выпарные установки
Физические основы процессов выпаривания. Схемы выпарных установок с аппаратами поверхностного типа: прямоточные, противоточные, смешанные, непрерывного и периодического действия, с конденсатором, с противодавлением, с ухудшенным вакуумом. Выпарные установки адиабатные. Конструкции выпарных аппаратов. Материальный и тепловой балансы. Тепловой расчет выпарных аппаратов.

Тема 7. Перегонные и ректификационные установки

Общие сведения о перегонке и ректификации. Особенности процессов кипения и конденсации бинарных смесей. Диаграмма состояния t - y - x и диаграмма равновесия y - x бинарных смесей. Процессы в ректификационных установках и их изображение на t - y - x и y - x диаграммах. Процессы кипения и конденсации в перегонных установках.

Тема 8. Установки для трансформации теплоты

Классификация установок для трансформации теплоты; области их применения. Термодинамические основы получения холода. Рабочие тела и хладоносители.

Холодильные установки. Сравнительная характеристика холодильных установок. Компрессионные холодильные установки и их элементы, методы теплового расчета. Испарители и конденсаторы парокомпрессионных холодильных установок. Абсорбционные холодильные установки. Элементы и источники энергии для абсорбционных холодильных установок; основные показатели и методы теплового расчета. Испарители и конденсаторы абсорбционных холодильных установок.

Тема 9. Утилизация низкопотенциальной теплоты

Теплонасосные установки. Утилизация низкопотенциальных тепловых потоков в теплонаносных установках. Типы теплонасосных установок.

ХАРАКТЕРИСТИКА КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Целью курсового проектирования является приобретение студентом навыков расчета и проектирования тепло- и массообменных, а также холодильной установок.

Задачи курсовой работы:

- закрепить теоретические знания по соответствующим разделам;
- приобрести навыки самостоятельной работы со справочной литературой при выполнении работы.

Тематика курсовой работы включает расчет и проектирование испарителя и конденсатора, входящих в одну из теплотехнологических промышленных установок (теплоприготовительная, выпарная, холодильная, перегонная и т.д.). Расчетная часть объемом 25 - 35 страниц текста содержит тепловой конструктивный расчет испарителя и конденсатора, выбор вспомогательного оборудования.

Количество часов по курсовому проектированию составляет 40 час.

Зачетных единиц – 1,0.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
 для специальности магистратуры 1– 43 80 03 «Теплоэнергетика и теплотехника»
 (Дневная форма получения образования)

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					УСР* Количество часов	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Модуль 1 Теплообменники	10	4					
1	Раздел I. Основные виды промышленных теплообменных процессов, аппаратов и установок	4						
1.1	Тема 1. Классификация теплообменных аппаратов с фазовым переходом теплоносителей.	2						Экз.
1.2	Тема 2. Назначение отдельных видов теплообменных и теплообменных аппаратов и место их применения. Теплоносители.	2						Экз.
2	Раздел II. Механизмы процессов переноса теплоты при фазовых переходах.	6	4					
2.1	Тема 3. Механизм теплообмена при кипении на теплоотдающих поверхностях. Основные характеристики процесса.	4	2					Экз.
2.2	Тема 4. Механизм теплообмена при конденсации на теплоотдающей поверхности. Основные характеристики процесса конденсации.	2	2					Экз.
	Модуль 2 Фазовые переходы в теплообменниках	6	2					
3	Раздел III. Рекуперативные теплообменные аппараты	6	2					
3.1	Тема 5. Рекуперативные теплообменные аппараты с фазовым переходом теплоносителей.	6	2					Экз.

	Модуль 3. Испарители и конденсаторы в составе ТМОУ	18	10					
4	Раздел IV. Испарители и конденсаторы в составе теплоэнергетических установок.	18	10					Экз.
4.1	Тема 6. Выпарные установки	4	2					Экз.
4.2	Тема 7. Перегонные и ректификационные установки	4	2					Экз.
4.3	Тема 8. Установки для трансформации теплоты	8	4					Экз.
4.4	Тема 9. Утилизация низкопотенциальной теплоты	2	2					Экз.
	ВСЕГО	34	18					

Библиотека ГГТУ им. Л.Р. Менделеева

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
 для специальности магистратуры 1– 43 80 03 «Теплоэнергетика и теплотехника»
 (Заочная форма получения образования)

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					УСР*Количество часов	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Модуль 1 Теплообменники	3	2					
1	Раздел I. Основные виды промышленных теплообменных процессов, аппаратов и установок	1						
1.1	Тема 1. Классификация теплообменных аппаратов с фазовым переходом теплоносителей.	0,5						Экз.
1.2	Тема 2. Назначение отдельных видов теплообменных и теплообменных аппаратов и место их применения. Теплоносители.	0,5						Экз.
2	Раздел II. Механизмы процессов переноса теплоты при фазовых переходах.	2	2					
2.1	Тема 3. Механизм теплообмена при кипении на теплоотдающих поверхностях. Основные характеристики процесса.	1	1					Экз.
2.2	Тема 4. Механизм теплообмена при конденсации на теплоотдающей поверхности. Основные характеристики процесса конденсации.	1	1					Экз.
	Модуль 2 Фазовые переходы в теплообменниках	2	2					
3	Раздел III. Рекуперативные теплообменные аппараты	2	2					
3.1	Тема 5. Рекуперативные теплообменные аппараты с фазовым переходом теплоносителей.	2	2					Экз.

	Модуль 3. Испарители и конденсаторы в составе ТМОУ	3	2					
4	Раздел IV. Испарители и конденсаторы в составе тепло-энергетических установок.	3	2					Экз.
4.1	Тема 6. Выпарные установки	0,5						Экз.
4.2	Тема 7. Перегонные и ректификационные установки	0,5						Экз.
4.3	Тема 8. Установки для трансформации теплоты	1,5	2					Экз.
4.4	Тема 9. Утилизация низкопотенциальной теплоты	0,5						Экз.
	ВСЕГО	8	6					

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Основная литература

1. Стоянов, Н.И. Теоретические основы теплотехники: техническая термодинамика и теплообмен / Н.И. Стоянов, С.С. Смирнов, А.В. Смирнова ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Северо-Кавказский федеральный университет». - Ставрополь : СКФУ, 2014. - 225 с. : ил. - Режим доступа: по подписке. - URL : <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&i=457750>
2. Видин, Ю.В. Теоретические основы теплотехники: теплообмен / Ю.В. Видин, Р.В. Казаков, В.В. Колосов ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Сибирский Федеральный университет. - Красноярск : СФУ, 2015. - 370 с. : ил., табл., схем. - Режим доступа: по подписке. - URL : <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=497752>
3. Салова, Т.Ю. Процессы диффузии и теплопереноса / Т.Ю. Салова ; Министерство сельского хозяйства РФ, Санкт-Петербургский государственный аграрный университет. - Санкт-Петербург : СпбГАУ, 2018. - 95 с. : схем., ил. - Режим доступа: по подписке - <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=486928>

Дополнительная литература

4. Овсянник, А. В. Теплообмен и моделирование при кипении на теплоотдающих поверхностях / А. В. Овсянник — Lambert Academic Publishing, ISBN 978-613-9-85413-4, 2018. - 339 с.
5. Бакластов, А.М. Промышленные теплообменные процессы и установки / А.М. Бакластов [и др.] ; под общ. ред. А.М.Бакластова. – Москва : Энергоиздат, 1986. – 328 с.
6. Лебедев, П.Д. Теплоиспользующие установки промышленных предприятий / П.Д. Лебедев, А.А. Щукин. – Москва : Энергия, 1970. – 408 с.
7. Соколов, Е. Я. Энергетические основы трансформации тепла и процессов охлаждения : учебное пособие для вузов / Е.Я. Соколов. – Москва : Энергоиздат, 1981. – 320 с.
8. Промышленная теплоэнергетика и теплотехника : справочник / В.А. Григорьев [и др.] ; под общей ред. В.А. Григорьева, В.М. Зорина. – Москва : Энергоатомиздат, 1989. – Кн. 4. – 586 с.
9. Курылев, Е. С. Холодильные установки : учебник для вузов / Е. С. Курылев, В. В. Оносовский. – Санкт-Петербург : Политехника, 1999. – 576 с.

Учебно-методические комплексы

10. Овсянник, А. В. Промышленные тепломассообменные процессы и установки : электронный учебно-методический комплекс дисциплины / А. В. Овсянник, А. В. Шаповалов. - Гомель : ГГТУ, 2010. - 1 папка + 1 электрон. опт. диск УДК 621.1.016.4(075.8) ББК 3 . Режим доступа elib.gstu.by.

Учебно-методические материалы

11. Промышленные тепломассообменные и холодильные установки : курсовое проектирование / А. В. Овсянник ; кафедра "Промышленная теплоэнергетика и экология". - Гомель : ГГТУ, 2002. - 124 с.

12. Промышленные тепломассообменные и холодильные установки : курс лекций по одноименной дисциплине для студентов специальности 1-43 01 05 "Промышленная теплоэнергетика" и 1-43 01 07 "Техническая эксплуатация энергооборудования организаций" / каф. "Промышленная теплоэнергетика и экология" ; А. В. Овсянник, А. В. Шаповалов. - Гомель : ГГТУ, 2009. - 231 с.

13. Методические указания к лабораторным занятиям по курсу "Промышленные тепломассообменные процессы и установки" для студентов спец. 10.07 / А. В. Овсянник ; кафедра "Промышленная теплоэнергетика и экология". - Гомель : ГПИ, 1994. - 27 с.

14. Практическое руководство по выполнению контрольных работ по курсу "Промышленные тепломассообменные и холодильные установки" для студентов заочного отделения спец. Т.01.02.00 "Теплоэнергетика" / А. В. Овсянник ; кафедра "Промышленная теплоэнергетика и экология". - Гомель : ГГТУ, 2003. - 55 с.

15. Практическое руководство "Промышленные тепломассообменные и холодильные установки" к выполнению контрольных работ по одноименному курсу для студентов заочного отделения спец. Т. 01. 02. 00 "Теплоэнергетика" / А. В. Овсянник ; кафедра "Промышленная теплоэнергетика и экология". - Гомель : ГГТУ, 2005. - 58 с.

16. Промышленные тепломассообменные и холодильные установки : практическое пособие для студентов спец. Т. 01. 02. 00 "Теплоэнергетика" / А. В. Овсянник ; кафедра "Промышленная теплоэнергетика и экология". - Гомель : ГГТУ, 2002. - 180 с.

17. Промышленные тепломассообменные процессы и установки : лабораторный практикум по одноименному курсу для студентов специальностей 1-43 01 05 "Промышленная теплоэнергетика" и 1-43 01 07 "Техническая эксплуатация энергооборудования организаций" дневной и заочной форм обучения / А. В. Овсянник, А. В. Шаповалов, Ю. А. Степанишина ; Министерство образования Республики Беларусь, Учреждение образования "Гомельский государственный

технический университет имени П. О. Сухого", Кафедра "Промышленная теплоэнергетика и экология". - Гомель : ГГТУ, 2012. - 27 с.

18. Промышленные теплообменные процессы и установки [Электронный ресурс] : лабораторный практикум по одноименному курсу для студентов специальностей 1-43 01 05 "Промышленная теплоэнергетика" и 1-43 01 07 "Техническая эксплуатация энергооборудования организаций" дневной и заочной форм обучения / А. В. Овсянник, А. В. Шаповалов, Ю. А. Степанишина; Министерство образования Республики Беларусь, Учреждение образования "Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого", Кафедра "Промышленная теплоэнергетика и экология". - Гомель : ГГТУ, 2010. - 71 с.

19. Промышленные теплообменные процессы и установки : практикум по одноименному курсу для студентов специальностей 1-43 01 05 "Промышленная теплотехника" и 1-43 01 07 "Техническая эксплуатация энергооборудования организаций" дневной формы обучения / составители: А. В. Овсянник [и др.] ; Министерство образования Республики Беларусь, Учреждение образования "Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого", Кафедра "Промышленная теплоэнергетика и экология". - Гомель : ГГТУ, 2015. - 61 с.

Примерный перечень тем практических занятий:

1. Расчет интенсивности теплообмена при кипении на теплоотдающих поверхностях.
2. Расчет интенсивности теплообмена при конденсации на теплоотдающих поверхностях.
3. Расчет и подбор испарителей и конденсаторов.
4. Расчет и подбор оборудования холодильных установок.
5. Расчет ректификационных установок.

Для оценки достижений магистранта используется следующий диагностический инструментарий:

- проведение текущих контрольных опросов по отдельным темам;
- защита разработанного курсового проекта;
- сдача экзаменов.

Вопросы к экзамену

1. Тепловой конструктивный и поверочный расчеты теплообменников; их основные элементы и узлы
2. Гидравлический расчет аппаратов
3. Физические основы процессов выпаривания
4. Схемы выпарных установок с аппаратами поверхностного типа
5. Выпарные установки адиабатные
6. Конструкции выпарных аппаратов
7. Тепловой расчет выпарных аппаратов.
8. Общие сведения о перегонке и ректификации
9. Диаграмма состояния t - y - x и диаграмма равновесия y - x бинарных смесей
10. Процессы в ректификационных установках и их изображение на t - y - x и y - x диаграммах
11. Процессы кипения и конденсации в перегонных установках
12. Термодинамические основы получения холода
13. Рабочие тела и хладонотенители
14. Компрессионные холодильные установки и их элементы, методы теплового расчета
15. Испарители и конденсаторы парокомпрессионных холодильных установок
16. Абсорбционные холодильные установки
17. Элементы и источники энергии для абсорбционных холодильных установок
18. Испарители и конденсаторы абсорбционных холодильных установок
19. Теплонасосные установки
20. Утилизация низкопотенциальных тепловых потоков в теплонасосных установках
21. Типы теплонасосных установок
22. Классификация тепломассообменных аппаратов с фазовым переходом теплоносителей
23. Назначение отдельных видов теплообменных и тепломассообменных аппаратов
24. Механизмы процессов переноса теплоты при фазовых переходах
25. Механизм теплообмена при кипении на теплоотдающих поверхностях
26. Механизм теплообмена при конденсации на теплоотдающей поверхности
27. Рекуперативные теплообменные аппараты
28. Испарители и конденсаторы в составе теплоэнергетических установок
29. Выпарные установки
30. Перегонные и ректификационные установки
31. Установки для трансформации теплоты
32. Утилизация низкопотенциальной теплоты

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
1. Техническая термодинамика реальных процессов	ПТЭ и Э		
2. Теория и практика теплофизического эксперимента	ПТЭ и Э		

Заведующий кафедрой
к.т.н., доцент

А.В. Шаповалов