

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

УТВЕРЖДАЮ
Первый проректор
УО «ГГТУ им. П.О. Сухого»
_____ О.Д. Асенчик

(подпись)

07.07.2020

Регистрационный № УД-52-47/уч.

ПРОМЫШЛЕННЫЕ ТЕПЛОМАССОБМЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ И
УСТАНОВКИ

Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальностей
1–43 01 05 «Промышленная теплоэнергетика»
1 – 43 01 07 «Техническая эксплуатация энергооборудования организаций»

Учебная программа составлена на основе:
образовательных стандартов ОСВО 1-43 01 05-2013, ОСВО 1-43 01 07-2019;
учебных планов учреждения образования «Гомельский государственный техниче-
ский университет имени П.О. Сухого» специальностей «Промышленная тепло-
энергетика» и «Техническая эксплуатация энергооборудования организаций»
№ I 43-1-27/уч от 06.02.2019, № I 43-1-28/уч от 06.02.2019, № I 43-1-42.1/уч. от
08.02.2019, № I 43-1-56/уч. от 05.04.2019, № I 43-1-54/уч. от 05.04.2019.

СОСТАВИТЕЛИ:

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

Е.Н. Макеева, старший преподаватель кафедры «Промышленная теплоэнерге-
тика и экология» учреждения образования «Гомельский государственный тех-
нический университет имени П.О. Сухого».

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

А.О. Добродей, заведующий кафедрой «Электроснабжение» учреждения обра-
зования «Гомельский государственный технический университет имени П.О.
Сухого», кандидат технических наук, доцент;

М.М. Починок, директор филиала «Гомельские тепловые сети» РУП «Гомель-
энерго».

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой «Промышленная теплоэнергетика и экология» учреждения образова-
ния «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухо-
го» (протокол № 12 от 27.05.2020)

Научно-методическим советом энергетического факультета учреждения обра-
зования «Гомельский государственный технический университет имени П.О.
Сухого» (протокол № 9 от 23.06.2020) УДэф-07-34/уч

Научно-методическим советом заочного факультета учреждения образования
«Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого»
(протокол № 5 от 04.06.2020) УДз-118-20у

Научно-методическим советом учреждения образования «Гомельский государ-
ственный технический университет имени П.О. Сухого»
(протокол № 5 от 25.06.2020)

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Целью изучения дисциплины является освоение современных конструкций, методов расчета теплотехнологических схем, процессов и аппаратов, источников и методов использования вторичных энергоресурсов, систем для защиты окружающей среды; выработка навыков оформления проектно-конструкторской документации.

Задачи изучения дисциплины заключаются в приобретении навыков и умений оценивать, выбирать, оптимизировать и разрабатывать теплотехнологические схемы установок, систем и их элементов.

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

Дисциплина «Промышленные тепломассообменные процессы и установки» является базовой для изучения дисциплин «Источники и системы теплоснабжения промпредприятий», «Системы производства и распределения энергоносителей промпредприятий».

В результате освоения курса «Промышленные тепломассообменные процессы и установки» студент должен

знать:

- особенности конструкции и принцип работы современного тепломассообменного оборудования;

- методику технологического и гидравлического расчетов рекуперативных теплообменников, а также выбора оптимального варианта нормализованной конструкции;

- основные схемы теплотехнологических установок (выпарная, ректификационная, холодильная, сушильная).

уметь:

- выполнять технологический и гидравлический расчет рекуперативного теплообменника;

- разрабатывать технологические схемы тепломассообменных и холодильных установок;

- составлять материальный и тепловой баланс основных теплотехнологических установок, определять расход первичного теплоносителя.

владеть:

- методикой составления материальных и тепловых балансов тепломассообменных аппаратов;

- основными приемами проектирования тепломассообменных аппаратов и установок;

- методами выбора оптимальных режимов работы тепломассообменных технологий.

После изучения дисциплины студент должен быть компетентен решать следующие профессиональные задачи:

- уметь работать самостоятельно;

- владеть междисциплинарным подходом при решении проблем;

- иметь навыки, связанные с использованием технических устройств, управлением информацией и работой с компьютером;
- используя показания технологического процесса производства, передачи, распределения и потребления тепловой энергии, создавать условия для соответствия режимов действующим стандартам, правилам и нормам;
- на основе анализа показателей режимов, параметров схемы и технического состояния оборудования выявлять причины неоптимальности технологического процесса производства, преобразования, распределения и потребления тепловой энергии и разрабатывать пути их устранения;
- в составе группы специалистов разрабатывать технологические режимные карты эксплуатации теплоэнергетических и теплотехнологических установок и систем, принимать участие в создании и развитии автоматизированных систем управления технологическими процессами этих систем для повышения качества и надежного их функционирования;
- составлять энергетические балансы энергетических и технологических объектов и систем, определять потери топливно-энергетических ресурсов, разрабатывать организационные и технические мероприятия по повышению энергетической эффективности теплотехнологий;
- проводить подготовку теплоэнергетического и теплотехнологического оборудования и рабочего места для ремонтных бригад, допускать их к работе и восстанавливать режимы работы оборудования после окончания всех работ, вести техническую и оперативную документацию;
- контролировать соблюдение норм охраны труда, техники безопасности и противопожарной безопасности на вверенных производственных участках, обеспечивать обучение персонала, работающего с теплоэнергетическим и теплотехнологическим оборудованием, правилам безопасности и осуществлять своевременную проверку знаний;
- в составе группы специалистов по проектированию теплотехнических объектов и систем или самостоятельно разрабатывать перспективный план развития промышленных теплоэнергетических и теплотехнологических систем, выполнять технико-экономическое обоснование вариантов сооружения или реконструкции теплоэнергетического и теплотехнологического объекта в энергетике, промышленности и других отраслях народного хозяйства;
- осуществлять авторский надзор за сооружением или реконструкцией объекта теплоэнергетического или теплотехнологического назначения в пределах соответствующей компетенции;
- используя строительный проект теплоэнергетического и теплотехнологического объекта (системы) и техническую документацию, организовывать работы по его монтажу и наладке в соответствии с действующими правилами и нормами;
- подбирать соответствующее оборудование, аппаратуру, приборы и инструменты и использовать их при проведении наладочных работ теплоэнергетического и теплотехнологического оборудования;

- на основе правил, норм, технической документации и информации о техническом состоянии теплоэнергетических и теплотехнологических установок, составлять график периодичности планово-предупредительного ремонта, определять объемы ремонтных работ и потребности в материалах и запасных частях;

- обеспечивать резерв материалов и комплектующих деталей, необходимых для выполнения первоочередных ремонтных и профилактических работ;

- оценивать конкурентоспособность и экономическую эффективность разрабатываемого теплотехнологического оборудования и энергоэффективных технологий.

Для специальности 1-43 01 07 «Техническая эксплуатация энергооборудования организаций» студент должен знать устройство, принцип работы, методы расчета, проектирования и определения эксплуатационных характеристик энергетических установок (БПК-7).

Количество часов всего и аудиторных часов по формам получения образования:

по специальности 1-43 01 05 «Промышленная теплоэнергетика»: всего часов по дисциплине – 300, аудиторных часов: по дневной форме – 144, по заочной форме – 30 часов; по заочной форме на основе среднего специального образования – 14 часов; трудоемкость учебной дисциплины – 8 зачетных единиц.

по специальности 1-43 01 07 «Техническая эксплуатация энергооборудования организаций»: всего часов по дисциплине – 210, аудиторных часов: по дневной форме – 102; на основе среднего специального образования – 12 часов; трудоемкость учебной дисциплины – 4 зачетные единицы.

Распределение аудиторного времени по видам занятий

Специальность, форма получения образования	Курс	Семестр	Количество аудиторного времени, ч				
			Лекции	Практ.	Лабор.	Ауд.	Зач. ед.
«Промышленная теплоэнергетика» (дневная форма)	3,4	6,7	64	32	48	144	8
«Техническая эксплуатация энергооборудования организаций» (дневная форма)	3	6	51	17	34	102	4
«Промышленная теплоэнергетика» (заочная полная форма)	4, 5	7, 8, 9	14	6	10	30	8
«Промышленная теплоэнергетика» (заочная форма на основе среднеспециального)	3, 4	6, 7	8	2	4	14	8
«Техническая эксплуатация энергооборудования организаций» (заочная форма на основе среднеспециального)	3, 4	6, 7	6	2	4	12	4

Форма текущей аттестации по учебной дисциплине

Специальность, форма получения образования	Формы текущей аттестации, семестр			
	Экз.	Зачет	Тест	Курсовой проект
«Промышленная теплоэнергетика» и «Техническая эксплуатация энергооборудования организаций» (дневная форма)	6,7	-	-	7
«Промышленная теплоэнергетика» (заочная форма)	8,9	-	-	10
«Промышленная теплоэнергетика» (заочная форма на основе среднеспециального)	7	-	-	7
«Техническая эксплуатация энергооборудования организаций» (заочная форма на основе среднеспециального)	7	-	-	7

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 отдельных видов теплообменных и тепломассообменных аппаратов и место их применения

Теплообменные и тепломассообменные установки: тепловые пункты (бойлерные); подогревательные, конденсационные и холодильные, выпарные, опреснительные, дистилляционные, ректификационные, сушильные, реакционные и другие установки. Теплоносители: основные свойства, области рационального применения.

Раздел 2. Рекуперативные и регенеративные теплообменные аппараты

Тема 3. Рекуперативные теплообменные аппараты

Конструкции рекуперативных теплообменников (трубчатых, кожухотрубчатых, пластинчатых, спиральных). Тепловой, конструктивный и поверочный расчеты теплообменников; их основные элементы и узлы.

Гидравлический расчет аппаратов. Аппараты с развитыми поверхностями теплообмена; способы их изготовления. Рекуперативные аппараты периодического действия; их тепловые балансы, графики температур и нагрузки. Методы интенсификации теплообмена.

Тепловые трубы и термосифоны; области их применения

Тема 4. Регенеративные теплообменные аппараты

Конструкции регенеративных теплообменных аппаратов и установок. Особенности теплообмена в слое. Тепловой расчет регенераторов.

Раздел 3. Выпарные установки

Тема 5. Выпаривание растворов

Физические основы процессов выпаривания. Свойства растворов. Схемы выпарных установок с аппаратами поверхностного типа: прямоточные, противоточные, смешанные, непрерывного и периодического действия, с конденсатором, с противодавлением, с ухудшенным вакуумом, с тепловым насосом. Выпарные установки адиабатные, с контактными нагревателями и погружными горелками.

Тема 6. Технологические схемы выпарных установок

Схемы подогрева раствора. Оптимальное число ступеней установки. Рациональные схемы использования вторичного тепла. Конструкции выпарных аппаратов. Сепараторы и брызгоотделители. Перспективы развития выпарных аппаратов и установок.

Материальный баланс, определение количества выпаренной влаги и концентрации раствора; тепловой расчет многоступенчатой выпарной установки (МВУ). Располагаемая и полезная разности температур. Технико-экономические показатели МВУ. Теплотехнологические выбросы. Выпарные установки в схемах очистки сточных вод.

Раздел 4. Тепломассообменные процессы и установки

Тема 7. Смесительные аппараты

Технологические процессы и установки с тепломассообменом. Движущая сила массообменных процессов. $H-d$ – диаграмма и процессы на ней.

Смесительные теплообменные аппараты и установки: конденсаторы смешения, скрубберы полые и насадочные, кондиционеры, градирни. Адиабатные установки, испарители с гидрофобным теплоносителем, барботажно-пенные установки, установки с погружными горелками. Конструкции аппаратов. Материальные и тепловые балансы. Методы и алгоритмы расчета аппаратов.

Тема 8. Сушильные установки

Назначение и виды обезвоживания. Области применения сушки. Свойства влажных материалов как объектов сушки. Общие сведения о процессе сушки. Кинетика сушки. Динамика сушки. Конвективная сушка. Материальный и тепловой балансы конвективных сушильных установок. Теплотехнологические схемы установок. Аппаратурно-технологическое оформление процессов сушки. Сушка жидкотекучих, твердых, дисперсных, ленточных материалов. Перспективы развития сушильной техники. Сушильная техника в системе защиты окружающей среды.

Раздел 5. Перегонные и ректификационные установки

Тема 9 Разделение смесей

Общие сведения о перегонке и ректификации. Физико-химические свойства бинарных смесей. Особенности процессов кипения и конденсации бинарных смесей. Азеотропные смеси. Дистилляция. 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. Дефлегмация и ректификация. Схемы ректификационных установок для двойных и тройных смесей. Экстрактивная ректификация.

Конструкции тарельчатых, ситчатых и насадочных колонн. Определение числа тарелок в колонне. Влияние флегмового числа на экономику при проектировании и эксплуатации колонны. Тепловой баланс ректификационных установок. Охрана труда и противопожарная техника при ректификации. Перегонка в процессах обезвреживания промстоков.

Тема 10. Процессы сорбции

Сорбционные процессы и установки. Уравнения абсорбции и процессы на $y-x$ диаграмме равновесия. Технологические схемы и конструкции абсорберов. Адсорбция и адсорбенты. Конструкции адсорберов. Сорбционные процессы в очистке газовых выбросов.

Раздел 6. Установки для трансформации теплоты

Тема 11. Способы получения холода

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. Абсорбционные холодильные установки. Элементы и источники энергии для абсорбционных холодильных установок; основные показатели и методы теплового расчета установок. Пароэжекторные холодильные установки и их элементы; область применения, источники энергии для получения холода, методы и алгоритмы расчета.

Тема 12. Утилизация низкопотенциальной теплоты

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

Раздел 7. Вспомогательное оборудование тепломассообменных установок

Тема 13. Вспомогательное оборудование

Оборудование для перемещения и разделения неоднородных жидкостей. Дозаторы и питатели. Пылеочистные устройства. Брызгоотделители. Барометрические конденсаторы. Конденсатоотводчики. Сосуды и резервуары. Дробилки и мельницы.

ХАРАКТЕРИСТИКА КУРСОВОГО ПРОЕКТА

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

Задачи курсового проекта:

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

Тематика курсового проекта включает расчет и проектирование одной из теплотехнологических промышленных установок (теплоприготовительная, сушильная, выпарная, холодильная, перегонная и т.д.). Расчетная часть объемом 25 - 35 страниц текста содержит обоснование выбора установки, балансы, конструктивный или поверочный расчеты оборудования, расчеты с помощью ЭВМ, выбор вспомогательного оборудования, решение вопросов охраны окружающей среды.

Для специальности 1-43 01 05 «Промышленная теплоэнергетика» – 60 часов (1,5 зачетных единиц).

Для специальности 1-43 01 07 «Техническая эксплуатация энергооборудования организаций» – 60 часов (2 зачетные единицы).

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
«Промышленная теплоэнергетика»
(Дневная форма получения образования)

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР*	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Модуль 1 Теплообменники	14	8		12			
1	Раздел I. Основные виды промышленных теплообменных процессов, аппаратов и установок	4						
1.1	Тема 1. Классификация теплообменных процессов и аппаратов.	2						Экз.
1.2	Тема 2. Назначение отдельных видов теплообменных и теплообменных аппаратов и место их применения. Теплоносители.	2						Экз.
2	Раздел II. Рекуперативные и регенеративные теплообменные аппараты	10	8		12			
2.1	Тема 3. Рекуперативные теплообменные аппараты	6	6		12			Экз.
2.2	Тема 4. Регенеративные теплообменные аппараты	4	2					Экз.
	Модуль 2 Выпарные и смесительные теплообменники	18	8		12			
3	Раздел III. Выпарные установки и смесительные теплообменники	18	8		12			
3.1	Тема 5. Выпаривание растворов	8	2					Экз.
3.2	Тема 6. Технологические схемы выпарных установок	4	4		8			Экз.
3.3	Тема 7. Смесительные аппараты	6	2		4			Экз.
	Модуль 3 Тепломассообменные процессы и установки	16	8		12			
4	Раздел IV. Тепломассообменные процессы и установки	6	4		6			

1	2	3	4	5	6	7	8	9
4.1	Тема 8. Сушильные установки	6	4		6			Экз.
5	Раздел V. Перегонные и ректификационные установки	10	4		6			
5.1	Тема 9. Разделение смесей	6	4		6			Экз.
5.2	Тема 10. Процессы сорбции	4						Экз.
	Модуль 4 Установки для трансформации теплоты	16	8		12			
6	Раздел VI. Установки для трансформации теплоты	10	8		12			
6.1	Тема 11. Способы получения холода	6	4		6			Экз.
6.2	Тема 12. Утилизация низкопотенциальной теплоты	4	4		6			Экз.
7	Раздел VII. Вспомогательное оборудование теплообменных установок	6						
7.1	Тема 13. Вспомогательное оборудование	6						Экз.
	ВСЕГО	64	32		48			

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
«Техническая эксплуатация энергооборудования организаций»
(Дневная форма получения образования)

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР*	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Модуль 1 Теплообменники	14	6		12			
1	Раздел I. Основные виды промышленных теплообменных процессов, аппаратов и установок	4						
1.1	Тема 1. Классификация теплообменных процессов и аппаратов.	2						Экз.
1.2	Тема 2. Назначение отдельных видов теплообменных и теплообменных аппаратов и место их применения. Теплоносители.	2						Экз.
2	Раздел II. Рекуперативные и регенеративные теплообменные аппараты	10	6		12			
2.1	Тема 3. Рекуперативные теплообменные аппараты	6	4		12			Экз.
2.2	Тема 4. Регенеративные теплообменные аппараты	4	2					Экз.
	Модуль 2 Выпарные и смешительные теплообменники	12	4		8			
3	Раздел III. Выпарные установки и смешительные теплообменники	12	4		8			
3.1	Тема 5. Выпаривание растворов	4	2		4			Экз.
3.2	Тема 6. Технологические схемы выпарных установок	4	2		4			Экз.
3.3	Тема 7. Смешительные аппараты	4						Экз.
	Модуль 3 Тепломассообменные процессы и установки	12	4		8			
4	Раздел IV. Тепломассообменные процессы и установки	6	2		4			

1	2	3	4	5	6	7	8	9
4.1	Тема 8. Сушильные установки	6	2		4			Экз.
5	Раздел V. Перегонные и ректификационные установки	6	2		4			
5.1	Тема 9. Разделение смесей	4	2		4			Экз.
5.2	Тема 10. Процессы сорбции	2						Экз.
	Модуль 4 Установки для трансформации теплоты	13	3		6			
6	Раздел VI. Установки для трансформации теплоты	10	3		6			
6.1	Тема 11. Способы получения холода	6						Экз.
6.2	Тема 12. Утилизация низкопотенциальной теплоты	4	3		6			Экз.
7	Раздел VII. Вспомогательное оборудование теплообменных установок	3						
7.1	Тема 13. Вспомогательное оборудование	3						Экз.
	ВСЕГО	51	17		34			

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
«Промышленная теплоэнергетика»
(Заочная форма получения образования)

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР*	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Раздел I. Основные виды промышленных теплообменных процессов, аппаратов и установок	1						
1.1	Тема 1. Классификация теплообменных процессов и аппаратов.	1						Экз.
2	Раздел II. Рекуперативные и регенеративные теплообменные аппараты	4	2		4			
2.1	Тема 3. Рекуперативные теплообменные аппараты	2	1		4			Экз.
2.2	Тема 4. Регенеративные теплообменные аппараты	2	1					Экз.
3	Раздел III. Выпарные установки и смесительные теплообменники	3	2		2			
3.1	Тема 5. Выпаривание растворов	1			2			Экз.
3.2	Тема 6. Технологические схемы выпарных установок	1	1					Экз.
3.3	Тема 7. Смесительные аппараты	1	1					Экз.
4	Раздел IV. Теплообменные процессы и установки	1			2			
4.1	Тема 8. Сушильные установки	1			2			Экз.
5	Раздел V. Перегонные и ректификационные установки	2						
5.1	Тема 9. Разделение смесей	1						Экз.
5.2	Тема 10. Процессы сорбции	1						Экз.
6	Раздел VI. Установки для трансформации теплоты	2	2		2			
6.1	Тема 11. Способы получения холода	1	2		2			Экз.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
6.2	Тема 12. Утилизация низко- потенциальной теплоты	1						Экз.
7	Раздел VII. Вспомогательное оборудование тепломассо- обменных установок	1						
7.1	Тема 13. Вспомогательное оборудование	1						Экз.
	ВСЕГО	14	6		10			

Библиотека ГГТУ им. П.О.Сухоминина

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
«Промышленная теплоэнергетика»
(Заочная форма получения образования заочная форма на основе
среднеспециального)

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР*	Форма контроля зна- ний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
2	Раздел I. Рекуперативные и регенеративные теплообменные аппараты	2	2					
2.1	Тема 3. Рекуперативные теплообменные аппараты	1	1					Экз.
2.2	Тема 4. Регенеративные теплообменные аппараты	1	1					Экз.
3	Раздел III. Выпарные установки и смесительные теплообменники	2			2			
3.1	Тема 5. Выпаривание растворов	1			2			Экз.
3.2	Тема 7. Смесительные аппараты	1						Экз.
4	Раздел IV. Тепломасообменные процессы и установки	1			2			
4.1	Тема 8. Сушильные установки	1			2			Экз.
5	Раздел V. Перегонные и ректификационные установки	1						
5.1	Тема 9. Разделение смесей	1						Экз.
5.2	Тема 10. Процессы сорбции							Экз.
6	Раздел VI. Установки для трансформации теплоты	2						
6.1	Тема 11. Способы получения холода	1						Экз.
6.2	Тема 12. Утилизация низкопотенциальной теплоты	1						Экз.
	ВСЕГО	8	2		4			

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
 «Техническая эксплуатация
 энергооборудования организаций»
 (Заочная форма получения образования заочная форма на основе
 среднеспециального)

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР*	Форма контроля зна- ний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
2	Раздел I. Рекуперативные и регенеративные теплообменные аппараты	2	1					
2.1	Тема 3. Рекуперативные теплообменные аппараты	1	1					Экз.
2.2	Тема 4. Регенеративные теплообменные аппараты	1						Экз.
3	Раздел III. Выпарные установки и смесительные теплообменники	2			2			
3.1	Тема 5. Выпаривание растворов	1			2			Экз.
3.2	Тема 7. Смесительные аппараты	1						Экз.
4	Раздел IV. Тепломасообменные процессы и установки	1			2			
4.1	Тема 8. Сушильные установки	1			2			Экз.
5	Раздел VI. Установки для трансформации теплоты	1	1					
5.1	Тема 11. Способы получения холода	1	1					Экз.
	ВСЕГО	6	2		4			

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Основная литература

1. Акулич, П.В. Конвективные сушильные установки: методы и примеры расчета: учебное пособие для вузов / П.В. Акулич, А.В. Акулич. – Минск: Вышэйшая школа, 2019. – 375, [1] с. – Библиогр.: с. 371-373. – ISBN 978-985-06-2984-5: 33.24.
2. Акулич, П.В. Расчеты сушильных и теплообменных установок / П.В. Акулич. – Минск: Белорусская наука, 2010. – 444 с. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=89349>. – ISBN 978-985-08-1192-9. – Текст: электронный.
3. Бакластов, А.М. Промышленные тепломассообменные процессы и установки / А.М. Бакластов [и др.] ; под общ. ред. А.М.Бакластова. – Москва: Энергоиздат, 1986. – 328 с.
4. Расщепкин, А.Н. Теплообменные аппараты низкотемпературной техники: учебное пособие / А.Н. Расщепкин, В.А. Ермолаев; ред. А.В. Дюмина. – 2-е изд., испр. и доп. – Кемерово: Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, 2012. – 169 с. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=141516>. – ISBN 978-5-89289-729-7. – Текст: электронный.
5. Соколов, Е. Я. Энергетические основы трансформации тепла и процессов охлаждения: учебное пособие для вузов / Е.Я. Соколов. – Москва: Энергоиздат, 1981. – 320 с.

Дополнительная литература

6. 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.
7. Курылев, Е. С. Холодильные установки: учебник для вузов / Е. С. Курылев, В. В. Оносовский. – Санкт-Петербург: Политехника, 1999. – 576 с.
8. Лебедев, П.Д. Теплоиспользующие установки промышленных предприятий / П.Д. Лебедев, А.А. Щукин. – Москва: Энергия, 1970. – 408 с.

Учебно-методические комплексы

1. 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

Перечень компьютерных программ, наглядных и других пособий, методических указаний и материалов и технических средств обучения

1. Практическое руководство по выполнению контрольных работ по курсу "Промышленные теплообменные 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.
2. Практическое руководство "Промышленные теплообменные 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.
3. Промышленные теплообменные 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.
4. Промышленные теплообменные 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.
<http://elib.gstu.by/handle/220612/481>.
5. Промышленные теплообменные и холодильные установки : курсовое проектирование / А. В. Овсянник; кафедра "Промышленная теплоэнергетика и экология". - Гомель: ГГТУ, 2002. - 124 с.
6. Промышленные теплообменные 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.
<http://elib.gstu.by/handle/220612/650>.
7. 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. <https://elib.gstu.by/handle/220612/13191>.

8. Промышленные тепломассообменные процессы и установки : практикум по выполнению лабораторных работ 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 / составители: А. В. Овсянник, А. В. Шаповалов, Е. В. Макеева ; Министерство образования Республики Беларусь, Учреждение образования "Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого", Кафедра "Промышленная теплоэнергетика и экология". - Гомель: ГГТУ им. П. О. Сухого, 2020. - 51 с. <https://elib.gstu.by/handle/220612/22896>.

Примерный перечень тем практических занятий

1. Расчет и подбор рекуперативных теплообменников.
2. Расчет регенеративных теплообменников.
3. Расчет выпарной установки.
4. Расчет и подбор оборудования холодильных установок.
5. Расчет ректификационных установок.
6. Расчет сушильных установок.
7. Расчет теплообменников контактного типа.

Примерный перечень лабораторных работ

1. Испытание рекуперативных кожухотрубчатых водо-воздушных теплообменных аппаратов.
2. Изучение тепловых режимов работы рекуперативных кожухотрубчатых конденсаторов.
3. Изучение тепловых режимов работы рекуперативных кожухотрубчатых испарителей.
4. Изучение процессов тепло - и массообмена в скруббере.
5. Исследование кинетики сушки твердых материалов при конвективном способе подвода теплоты.
6. Изучение процесса выпаривания и определение температурных депрессий раствора.
7. Испытание парокompрессионной холодильной установки.
8. Изучение работы парокompрессионного теплового насоса.

Примерный перечень вопросов к экзамену

1. Классификация тепломассообменных процессов и оборудования. Теплоносители.
2. Рекуперативные теплообменники. Их конструкции.
3. Тепловой расчет рекуперативных теплообменников.
4. Конструктивный расчет рекуперативных теплообменников.
5. Характерные схемы переноса тепла и массы в рекуперативных теплообменниках.
6. Расчет коэффициента теплопередачи рекуперативных теплообменников.
7. Определение среднего температурного напора в рекуперативных теплообменниках.
8. Гидравлический расчет рекуперативных теплообменников.
9. Поверочный расчет рекуперативных теплообменников.
10. Тепловой расчет теплообменников с ребристыми поверхностями теплообмена.
11. Методы интенсификации теплообмена.
12. Тепловые трубы и термосифоны.
13. Регенеративные теплообменники и их конструкции.
14. Тепловой расчет регенераторов.
15. Рекуперативные теплообменники периодического действия.
16. Аппараты с «кипящим» слоем (общие положения). Теплообмен в слое.
17. Перепад давлений в аппаратах с «кипящим» слоем и его определение.
18. Смесительные теплообменники. Конструкции.
19. $H-d$ диаграмма влажного воздуха. Основные понятия и определения.
20. Основные процессы изменения состояния влажного воздуха.
21. Расчет полезного объема насадочного смесительного теплообменника.
22. Сушильные установки. Основные положения.
23. Кинетика сушки.
24. Динамика сушки.
25. Тепловой баланс конвективных сушилок.
26. Конвективная сушка.
27. Материальный баланс сушильной установки.
28. Сушка с однократным использованием сушильного агента. Классификация сушильных установок.
29. Сушка с рециркуляцией сушильного агента.
30. Приближенный расчет габаритов сушильной камеры.

31. Сушка твердых дисперсных материалов.
32. Сушка жидкотекучих материалов. Характеристики распылительных сушилок.
33. Выпарные установки (общие положения). Свойства растворов.
34. Выпарные установки с аппаратами поверхностного типа.
35. Выпарные установки с тепловыми насосами.
36. Адиабатные выпарные установки.
37. Выпарные установки с контактными подогревателями.
38. Выпарные установки с аппаратами погружного горения.
39. Выбор схемы выпарных установок.
40. Основные элементы выпарных установок. Выпарные аппараты с естественной циркуляцией.
41. Тепловой расчет МВУ. Располагаемая и полезная разности температур.
42. Определение количества выпаренной воды и концентрации раствора в МВУ.
43. Ректификационные установки. Общие сведения.
44. Перегонные установки. Общие сведения.
45. Конструкции ректификационных колонн.
46. Схема ректификационной колонны с материальными потоками для разделения бинарной смеси.
47. Классификация, принцип действия, области применения холодильных установок.
48. Холодильные агенты. Основные свойства хладагентов.
49. Одноступенчатые парокомпрессионные холодильные установки (ПКХУ). Схема и цикл в T-S и lg p-h диаграммах.
50. Расчет одноступенчатой ПКХУ.
51. Показатели эффективности работы холодильных и теплонасосных установок.
52. Двухступенчатые ПКХУ.
53. Абсорбционные холодильные установки.

Для оценки достижений студента используется следующий диагностический инструментарий

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

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы по изучаемой дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
Тепломассообмен	«Промышленная теплоэнергетика и экология»	Согласовано	Рекомендовать представленную учебную программу к утверждению
Источники и системы теплоснабжения промпредприятий	«Промышленная теплоэнергетика и экология»	Согласовано	Рекомендовать представленную учебную программу к утверждению
Системы производства и распределения энергоносителей промпредприятий	«Промышленная теплоэнергетика и экология»	Согласовано	Рекомендовать представленную учебную программу к утверждению

Зав. кафедрой «ПТЭ и Э»,
к.т.н., доцент

А.В. Шаповалов