

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

УТВЕРЖДАЮ
проректор по научной работе
ГГТУ им. П.О.Сухого

_____ А.А.Бойко

04.07.2019

Регистрационный № УДмаг-93/уч.

ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА ТЕПЛОФИЗИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности
1–43 80 03 «Теплоэнергетика и теплотехника»

2019

Учебная программа составлена на основе:
образовательных стандарта ОСВО 1–43 80 03-2019;
учебных планов учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого»:
специальности 1–43 80 03 Теплоэнергетика и теплотехника № I 43-2-07/уч. от 03.04.2019, № I 43-2-15/уч. от 03.04.2019.

СОСТАВИТЕЛЬ:

А.В. Шаповалов, заведующий кафедрой «Промышленная теплоэнергетика и экология» учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого», кандидат технических наук, доцент.

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

П.А. Хило, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой «Физика и электротехника» учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого»;

В.М.Овчинников, профессор кафедры «Экология и энергоэффективность в техносфере» УО «Белорусский государственный университет транспорта», кандидат технических наук.

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

кафедрой «Промышленная теплоэнергетика и экология» учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого»

(протокол № 21 от 30.04.2019); УД-УП-2-0091

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

(протокол № 10 от 25.06.2019);

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

(протокол № 6 26.06.2019).

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Курс «Теория и практика теплофизического эксперимента» относится к дисциплинам, позволяющим получить углубленные знания о методах экспериментального изучения процессов тепло- и массообмена и определения теплофизических свойств веществ.

Учебная программа дисциплины предусматривает изучение основных методов и понятий экспериментальных исследований, методов экспериментального исследования теплообмена, экспериментальных методов определения теплофизических свойств веществ, общих принципов построения автоматизированных систем научных исследований.

Цели и задачи учебной дисциплины.

Целью изучения дисциплины «Теория и практика теплофизического эксперимента» является формирование у студентов второй ступени высшего образования навыков и знаний, необходимых для применения основных понятий, приемов и методов экспериментального исследования процессов тепло- и массообмена в науке и технике, получения навыков оценки погрешности эксперимента.

Задачами изучения дисциплины являются:

- овладение основными методами и понятиями экспериментальных исследований, общими принципами построения автоматизированных систем научных исследований;
- выработка практических навыков экспериментального определения теплофизических свойств веществ.

Связи с другими учебными дисциплинами.

Для изучения дисциплины «Теория и практика теплофизического эксперимента» необходимо знание следующих дисциплин первой ступени высшего образования: «Техническая термодинамика», «Тепломассообмен», «Промышленные тепломассообменные процессы и установки», «Метрология и стандартизация», «Теплотехнические измерения и основы автоматического регулирования».

Требования к освоению учебной дисциплины (в соответствии с образовательным стандартом ОСВО 1-43 80 03-2019).

В результате освоения курса студент должен:

знать:

- основные понятия, методики экспериментальных исследований процессов тепло- и массообмена,
- экспериментальные методы определения теплофизических свойств веществ,
- методы обработки экспериментальных данных, оценки их точности и достоверности;

уметь:

– получать, демонстрировать в различных прикладных формах и критически анализировать базовую информацию, полученную в результате проведения теплофизического эксперимента;

– производить оценку погрешности измерений;

– производить обработку экспериментальных данных в графической и математической формах;

владеть:

– навыками исследователя.

Место учебной дисциплины в системе подготовки специалиста.

По итогам освоения дисциплины магистр должен обладать следующими углубленными профессиональными компетенциями:

СК-8. Уметь выбирать методы экспериментальной работы в области теплофизики, проводить измерения и компьютерную обработку полученных данных, представлять результаты научных экспериментов в виде отчетов, публикаций и научные обсуждения;

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 тепло-энергетических процессов и аппаратов.

Количество часов всего и аудиторных часов по формам получения образования: всего часов по дисциплине – 90, аудиторных часов: по дневной форме – 36, по заочной форме – 10; трудоемкость учебной дисциплины – 3 зачетные единицы.

Распределение аудиторного времени по видам занятий

Форма получения образования	Курс	Се-местр	Количество аудиторного времени, часов					
			Ауд.	Лек-ции	Ла-бор.	Практ.	УСРС	Зач. ед.
Дневная форма	1	1	36	18	–	18	–	3
Заочная форма	1	1	10	6	–	4	–	3

Форма текущей аттестации по учебной дисциплине

Форма получения образования	Формы текущей аттестации, семестр			
	Экзамен	Зачет	Тест	Курсовая работа
Дневная форма	–	1	–	–
Заочная форма	–	1	–	–

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Модуль 1. Методы экспериментального изучения процессов тепло- и массообмена

Тема 1. Основные методы и понятия экспериментальных исследований

Понятие эксперимента. Классификация экспериментов. Основные этапы проведения экспериментальных исследований. Измерение физических величин. Основные понятия теории измерений. Погрешности измерений. Классификация методов экспериментального исследования. Методы теории подобия. Анализ размерностей

Тема 2. Методы экспериментального исследования полей температуры, давления, скорости, плотности и концентраций

Измерение полей температуры в потоках жидкости и газа. Измерение температуры твёрдых тел. Зондовые методы измерения полей давления в потоках жидкости и газа. Зондовые методы измерения полей скорости. Бесконтактные методы измерения полей скорости. Методы исследования полей плотности в потоках жидкости и газа и структуры двухфазных потоков.

Тема 3. Методы экспериментального исследования теплообмена

Создание стационарных тепловых потоков. Измерение стационарных тепловых потоков. Источники погрешностей при измерении тепловых потоков и способы их устранения. Определение тепловых потоков по методу регулярного теплового режима. Измерение нестационарных тепловых потоков. Определение среднемассовых энтальпий, температуры и паросодержания при течении жидкости в трубах. Косвенные методы определения средней теплоотдачи. Определение критических тепловых потоков при кипении. Методы определения коэффициентов сопротивления трения. Методы определения характеристик массообмена.

Модуль 2. Экспериментальные методы определения теплофизических свойств веществ

Тема 4. Методы определения термических свойств веществ

Определение плотности и линейного расширения твёрдых тел. Определение плотности жидкостей и газов. Определение поверхностного натяжения и краевых углов смачивания. Определение давления насыщенных паров. Определение температуры плавления.

Тема 5. Методы определения калорических свойств веществ

Определение калорических свойств твёрдых тел. Определение калорических свойств жидкостей и газов. Определение теплоты плавления и парообразования.

Тема 6. Методы определения теплопроводности и вязкости веществ
Определение теплопроводности веществ. Определение вязкости жидкостей и газов.

Тема 7. Современные динамические методы определения теплофизических свойств веществ

Метод нагрева образца импульсом электрического тока. Метод лазерной вспышки. Метод ударного сжатия

Модуль 3. Автоматизация теплофизического эксперимента

Тема 8. Общие принципы построения автоматизированных систем научных исследований (АСНИ).

Состав и структура АСНИ. Принципы построения и требования к элементам АСНИ.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
(Дневная форма получения образования)

темы Номер раздела,	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					УСРС Количество часов	контроль знаний Форма
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Модуль 1. Методы экспериментального изучения процессов тепло- и массообмена	8	18					Зачет
1.1	Тема 1. Основные методы и понятия экспериментальных исследований	2	6					Зачет
1.2	Тема 2. Методы экспериментального исследования полей температуры, давления, скорости, плотности и концентраций	3	2					Зачет
1.3	Тема 3. Методы экспериментального исследования теплообмена	3	10					Зачет
2	Модуль 2. Экспериментальные методы определения теплофизических свойств веществ	8						Зачет
2.1	Тема 4. Методы определения термических свойств веществ	2						Зачет
2.2	Тема 5. Методы определения калорических свойств веществ	2						Зачет
2.3	Тема 6. Методы определения теплопроводности и вязкости веществ	2						Зачет
2.4	Тема 7. Современные динамические методы определения теплофизических свойств веществ	2						Зачет
3	Модуль 3. Автоматизация теплофизического эксперимента	2						Зачет
3.1	Тема 8. Общие принципы построения автоматизированных систем научных исследований (АСНИ)	2						Зачет

	ВСЕГО	18	18					
--	-------	----	----	--	--	--	--	--

Библиотека ГГТУ им. П.О.Сухого

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
(Заочная форма получения образования)

темы Номер раздела,	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					УСРС Количество часов	контроль знаний Форма
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Модуль 1. Методы экспериментального изучения процессов тепло- и массообмена	2,5	4					Зачет
1.1	Тема 1. Основные методы и понятия экспериментальных исследований	0,5	2					Зачет
1.2	Тема 2. Методы экспериментального исследования полей температуры, давления, скорости, плотности и концентраций	1						Зачет
1.3	Тема 3. Методы экспериментального исследования теплообмена	1	2					Зачет
2	Модуль 2. Экспериментальные методы определения теплофизических свойств веществ	3						Зачет
2.1	Тема 4. Методы определения термических свойств веществ	1						Зачет
2.2	Тема 5. Методы определения калорических свойств веществ	1						Зачет
2.3	Тема 6. Методы определения теплопроводности и вязкости веществ	0,5						Зачет
2.4	Тема 7. Современные динамические методы определения теплофизических свойств веществ	0,5						Зачет
3	Модуль 3. Автоматизация теплофизического эксперимента	0,5						Зачет
3.1	Тема 8. Общие принципы построения автоматизированных систем научных исследований	0,5						Зачет

(АСНИ)								
ВСЕГО	6	4						

Библиотека ГГТУ им. П.О.Сухого

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Основная литература

1. Назаров, В. И. Теплотехнические измерения и приборы : учебное пособие для вузов / В. И. Назаров. - Минск : Вышэйшая школа, 2017. - 279, [1] с.
2. Назаров, В. И. Теплотехнические измерения и приборы : лабораторный практикум / В. И. Назаров, А. Л. Буров, Е. Н. Криксина. - Минск : Вышэйшая школа, 2012. - 130, [1] с.
3. Теплотехника : учебник для вузов / В. Н. Луканин [и др.] ; под ред. В. Н. Луканина. - Изд. 7-е, испр.. - Москва : Высшая школа, 2009. - 671 с.
4. Теплотехника : учебник для вузов / В. А. Гуляев [и др.]. - Санкт-Петербург : РАПП, 2009. - 345 с.
5. Апальков, А. Ф. Теплотехника : учебное пособие / А. Ф. Апальков. - Ростов-на-Дону : Феникс, 2008. - 187 с.
6. Карышев, А. К. Теплофизика : учеб. пособие / А. К. Карышев, Ю. Д. Лапин, В. П. Симонов ; под ред. А. К. Карышева. - Москва : Изд-во МГТУ, 2002. - 107 с.
7. Ерофеев В. Л. Теплотехника : учебник для вузов. - Москва : Академкнига, 2008. - 488 с.
8. Иванова Г. М. Теплотехнические измерения и приборы : учебник для вузов. - 3-е изд., стер.. - Москва : МЭИ, 2007. - 458 с.

Дополнительная литература

1. Абрамович, Р. Ч. Теплотехнические измерения и их приборное обеспечение / Р. Ч. Абрамович // Главный энергетик. – 2019. – № 3. – С. 35–48.
2. Левин, А. Б. Теплотехнический справочник студента / А. Б. Левин, Ю. П. Семенов. - 2-е изд.. - Москва : МГУЛ, 2005. - 95 с
3. Теоретические основы теплотехники. Теплотехнический эксперимент : справочник / под общ. ред. А. В. Клименко, В. М. Зорина. - 3-е изд.. - Москва : Изд-во МЭИ, 2001. - 561 с.
4. Панкратов, Г. П. Сборник задач по теплотехнике : учебное пособие для вузов / Г. П. Панкратов . - 3-е изд., перераб. и доп.. - Москва : Высшая школа, 1995. - 238 с.
5. Чистяков В.С. Краткий справоник по теплотехническим измерениям.. - Москва : Энергоатомиздат, 1990. - 320с.
6. Мурин, Г. А. Теплотехнические измерения : учебник для энерг. и энерго-строит. техникумов / Г. А. Мурин. - 5-е изд., перераб. и доп.. - Москва : Энергия, 1979. - 424 с.
7. Кузнецов Н. Д. Сборник задач и вопросов по теплотехническим измерениям и приборам : учеб. пособие для студ. теплоэнерг. спец. вузов. - Москва : Энергия, 1978. - 216с. УДК 621.1.002.56

8. Преображенский, В. П. Теплотехнические измерения и приборы : учебник для вузов / В. П. Преображенский. - 3-е изд., перераб.. - Москва : Энергия, 1978. - 703 с.
9. Лыков, А. В. Тепломассообмен : справочник / А. В. Лыков. - Москва : Энергия, 1972. - 560 с.

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

1. Селеня, С. Е. Теплотехнические измерения и основы автоматического регулирования : электронный учебно-методический комплекс дисциплины / С. Е. Селеня, Д. С. Трошев. - Гомель : ГГТУ, 2010. - 1 папка + 1 электрон. опт. диск УДК 681.12(075.8) ББК 34

Примерный перечень тем практических занятий

1. Выбор безразмерных комбинаций в анализе размерностей. Критериальные уравнения
2. Анализ погрешностей эксперимента. Оценка и учет случайных погрешностей измерений
3. Оценка погрешностей измерения температуры термопреобразователями сопротивления и термоэлектрическими термометрами
4. Оценка погрешностей косвенного определения теплоотдачи в условиях стационарного теплового потока при свободной конвекции рабочего тела вокруг нагретых поверхностей
5. Расчет среднемассовых энтальпий, температуры и паросодержания при течении жидкости в трубах
6. Определение расхода рабочего тела с помощью сужающих устройств
7. Определение характеристик массообмена

Примерный перечень вопросов к зачету

1. Понятие эксперимента.
2. Классификация экспериментов.
3. Основные этапы проведения экспериментальных исследований.
4. Измерение физических величин.
5. Основные понятия теории измерений.
6. Погрешности измерений.
7. Классификация методов экспериментального исследования.
8. Методы теории подобия. Анализ размерностей.
9. Измерение полей температуры в потоках жидкости и газа.
10. Измерение температуры твёрдых тел.
11. Зондовые методы измерения полей давления в потоках жидкости и газа.
12. Зондовые методы измерения полей скорости.
13. Бесконтактные методы измерения полей скорости.
14. Методы исследования полей плотности в потоках жидкости и газа и структуры двухфазных потоков.
15. Создание стационарных тепловых потоков.
16. Измерение стационарных тепловых потоков.
17. Источники погрешностей при измерении тепловых потоков и способы их устранения.
18. Определение тепловых потоков по методу регулярного теплового режима.
19. Измерение нестационарных тепловых потоков.
20. Определение среднемассовых энтальпий, температуры и паросодержания при течении жидкости в трубах.
21. Косвенные методы определения средней теплоотдачи.
22. Определение критических тепловых потоков при кипении.
23. Методы определения коэффициентов сопротивления трения.
24. Методы определения характеристик массообмена.

25. Определение плотности и линейного расширения твёрдых тел.
26. Определение плотности жидкостей и газов.
27. Определение поверхностного натяжения и краевых углов смачивания.
28. Определение давления насыщенных паров.
29. Определение температуры плавления.
30. Определение калорических свойств твёрдых тел.
31. Определение калорических свойств жидкостей и газов.
32. Определение теплоты плавления и парообразования.
33. Определение теплопроводности веществ.
34. Определение вязкости жидкостей и газов.
35. Метод нагрева образца импульсом электрического тока.
36. Метод лазерной вспышки.
37. Метод ударного сжатия.
38. Состав и структура АСНИ.
39. Принципы построения и требования к элементам АСНИ.

Для оценки приобретенных студентами знаний используется следующий диагностический инструментарий:

- проведение текущих контрольных опросов по отдельным темам;
- защита выполненных расчетных работ на практических занятиях;
- сдача зачета.

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ УВО

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 2. Процессы теплообмена при фазовых переходах при различных режимах работы теплообменных аппаратов промышленных установок	Промышленная теплоэнергетика и экология	Согласовано	Рекомендовать представленную учебную программу к утверждению (Протокол №21 от 30.04.2019 г.)

Заведующий кафедрой
«Промышленная теплоэнергетика
и экология», к.т.н., доцент

А.В. Шаповалов