

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»
(ФГБОУ ВО «КНИТУ»)



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по УР
А.В. Бурмистров
« 16 » 07 2019 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

по дисциплине «Физическое моделирование элементарных актов тепло- и массообмена»

Направление подготовки 13.03.01. Теплоэнергетика и теплотехника

Профиль подготовки Энергетика теплотехнологий

Квалификация (степень) выпускника бакалавр

Форма обучения очная

Институт, факультет Институт химического и нефтяного машиностроения,
факультет механический

Кафедра-разработчик рабочей программы Теоретические основы теплотехники

Курс, семестр 1 курс, 2 семестр; 2 курс, 3 семестр

	2 семестр		3 семестр	
	Часы	Зачетные единицы	Часы	Зачетные единицы
Лекции	18	0,5	-	-
Практические занятия	-	-	-	-
Лабораторные занятия	36	1	18	0,5
Самостоятельная работа	63	1,75	18	0,5
Форма аттестации:	Экзамен (27)	0,75	Зачет	-
Всего	144	4	36	1
Всего за курс	180	5	180	5

Казань, 2019 г.

Рабочая программа составлена с учетом требований Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования № 143 от 28.02.2018г. по направлению 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» для профиля «Энергетика теплотехнологий», на основании учебного плана набора обучающихся 2019 г.

Разработчик программы:

доцент каф. ТОТ
(должность)


(подпись)

Мазанов С.В.
(Ф.И.О)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Теоретические основы теплотехники, протокол № 14 от 27.06.2019 г.

Зав. кафедрой, проф.


(подпись)

Ф.М. Гумеров

УТВЕРЖДЕНО

Начальник УМЦ, доцент


(подпись)

Л.А. Китаева

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Физическое моделирование элементарных актов тепло- и массообмена» являются:

- а) изучение теоретических положений и основ теории обработки результатов экспериментальных исследований на базе полученных ранее знаний;
- б) освоение методов анализа результатов реализации математических моделей, проектируемых с помощью вычислительной техники;
- в) Изучение основ планирования физического эксперимента.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Физическое моделирование элементарных актов тепло- и массообмена» относится к части ООП, формируемой участниками образовательных отношений, и формирует у бакалавров по направлению подготовки 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» набор специальных знаний и компетенций.

Для успешного освоения дисциплины «Физическое моделирование элементарных актов тепло- и массообмена» *бакалавр* по направлению подготовки 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» должен освоить материал предшествующих дисциплин:

- а) Математика
- б) Физика

Дисциплина «Физическое моделирование элементарных актов тепло- и массообмена» является предшествующей и необходима для успешного усвоения последующих дисциплин:

- а) Анализ химико-технологических систем,
- б) Высокотемпературные процессы и установки.

Знания, полученные при изучении дисциплины «Физическое моделирование элементарных актов тепло- и массообмена» могут быть использованы при прохождении практик и выполнении выпускной квалификационной работы по направлению подготовки 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника».

3. Компетенции и индикаторы достижения компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Компетенция

ПК-3 Способность к проведению работ по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований

Индикаторы достижения компетенции

ПК-3.1. Знает методы и средства планирования и организации исследований и разработок;

ПК-3.2. Умеет анализировать, сравнивать методы и процессы научных исследовательских работ с применением современных инновационных технологий;

ПК-3.3. Владеет навыками обобщения информации и обработки результатов исследований, применяет различные критерии согласия для проверки гипотез.

Компетенция

ПК-4 Способность к выполнению научно-исследовательских работ и управлению результатами проведенных исследований

Индикаторы достижения компетенции

ПК-4.1. Знает современные информационные технологии для проведения, контроля полученных результатов и оценки внедрения исследований и разработок;

ПК-4.2. Умеет использовать современные технологии для проведения научно-исследовательских работ и внедрения на производство;

ПК-4.3. Владеет навыками оптимизации объектов исследования, способен принимать решения и делать выводы относительно экспериментальных данных и условий их получения.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

1) Знать:

а) методы анализа научных данных;

б) методы и средства планирования и организации исследований и разработок;

в) методы внедрения и контроля результатов исследований и разработок;

г) основные понятия и принципы планирования и организации эксперимента;

д) теоретические основы теории погрешностей, методы записи, обработки результатов эксперимента;

е) основы корреляционного, дисперсионного и регрессионного анализа;

ж) методы оптимизации многофакторных объектов.

2) Уметь:

- а) проводить анализ научных данных, результатов экспериментов и наблюдений;
- б) осуществлять теоретическое обобщение научных данных, результатов экспериментов и наблюдений;
- в) внедрение результатов исследований и разработок;
- г) проводить оптимизацию объекта исследования;
- б) грамотно формулировать цель и задачи, решаемые в процессе проведения эксперимента;
- в) применять различные критерии согласия для проверки гипотез;
- г) правильно принимать решения и делать выводы относительно экспериментальных данных и условий их получения.

3) Владеть:

- а) навыками построения математических и физических моделей объектов;
- б) навыками систематизации массива данных и обобщения результатов экспериментов.

4. Структура и содержание дисциплины «Физическое моделирование элементарных актов тепло- и массообмена».

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 часов.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Виды учебной работы (в часах)				Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации по разделам
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	СРС	
1	Тема 1. Общие сведения о науке и научных исследования. Методология теоретических исследований	2	2	-	-	7	Реферат
2	Тема 2. Модели исследований. Аналитические методы исследования тепло-массообменных процессов	2	2	-	4	7	Лабораторная работа
3	Тема 3. Аналитические методы исследования с использованием теплофизического эксперимента	2	2	-	4	7	Лабораторная работа
4	Тема 4. Вероятностно-статистические методы.	2	2	-	4	7	Лабораторная работа
5	Тема 5. Методы системного анализа	2	2	-	4	7	Лабораторная работа
6	Тема 6. Методы графического отображения результатов измерения	2	2	-	4	7	Лабораторная работа
7	Тема 7. Методы подбора эмпирических формул.	2	2	-	4	7	Лабораторная работа
	Тема 8.			-			Лабораторная

8	Методы планирования теплофизических экспериментов	2	2		4	7	работа реферат,
9	Тема 9. Критерии согласия.	2	2	-	8	7	Лабораторная работа, тест
	ИТОГО ЗА 2 СЕМЕСТР:		18	-	36	63	Экзамен (27)
10	Тема 10. Метод наименьших квадратов.	3	-	-	2	2	Лабораторная работа
11	Тема 11. Линейный регрессионный анализ	3	-	-	2	2	Лабораторная работа
12	Тема 12. Нелинейный регрессионный анализ	3	-	-	2	4	Лабораторная работа
13	Тема 13. Линейный корреляционный анализ	3	-	-	2	2	Лабораторная работа
14	Тема 14. Нелинейный корреляционный анализ	3	-	-	-	2	Контрольный опрос
15	Тема 15. Программные продукты обработки данных по тепло-массообмену	3	-	-	6	2	Лабораторная работа
16	Тема 16. Построение вариационных рядов.	3	-	-	4	4	Лабораторная работа, Контрольный опрос
	ИТОГО ЗА 3 СЕМЕСТР:		-	-	18	18	Зачет
	ИТОГО:		18	-	54	81	27

5. Содержание лекционных занятий по темам с указанием используемых инновационных образовательных технологий.

№ п/п	Раздел дисциплины	Часы	Тема лекционного занятия	Краткое содержание	Индикаторы достижения компетенции
<i>2 семестр</i>					
1	Тема 1. Общие сведения о науке и научных исследования. Методология теоретических исследований	2	Основные понятия курса «Методы обработки экспериментальных данных»	Методология и методы исследований Методы выбора и оценки тем научных исследований	ПК-3.1
2	Тема 2. Модели исследований. Аналитические методы исследования тепло-массообменных процессов	2	Физическое и математическое моделирование	Физические, математические и натурные модели. Интегрирование и дифференцирование.	ПК-4.1
3	Тема 3. Аналитические методы исследования с использованием теплофизического эксперимента	2	Экспериментальные методы исследования, касающиеся тепло-массообмена	Теория подобия Метод аналогии	ПК-3.2
4	Тема 4. Вероятностно-статистические методы.	2	Теория вероятности	Основные понятия. Дисперсия Эмпирическое распределение	ПК-3.3
5	Тема 5. Методы системного анализа	2	Системный анализ в науке и производстве	Основные этапы системного анализа. Этапы теоретических разработок научного исследования	ПК-3.3
6	Тема 6. Методы графического отображения результатов измерения	2	Способы представления информации графическим путем.	Многофакторные функции. Графическое представление. Оценка погрешности средств измерений и	ПК-4.2

			Погрешности измерений, приборов.	отклонение от нормального распределения	
7	Тема 7. Методы подбора эмпирических формул.	2	Основные методы выбора эмпирических формул в зависимости от проведенного эксперимента	Метод средних Аппроксимация	ПК-3.3
8	Тема 8. Методы планирования теплофизических экспериментов	2	Многофакторные эксперименты. Матрица планирования	Уравнения линейного, нелинейного типа. Критерий Стьюдента. Значимые коэффициенты. Дисперсия.	ПК-3.3
9	Тема 9. Критерии согласия.	2	Критерий Фишера, Романовского, Колмогорова, приближенный критерий	Оценка адекватности рассматриваемых критериев от нормального распределения	ПК-4.3

6. Содержание практических занятий.

Учебным планом проведение практических занятий по дисциплине «Физическое моделирование элементарных актов тепло- и массообмена» не предусмотрено.

7. Содержание лабораторных занятий.

Цель проведения лабораторных занятий – усвоение лекционного материала, а также выработка студентами умений, связанных с обработкой экспериментальных данных.

№ п/п	Раздел дисциплины	Часы	Наименование лабораторной работы	Индикаторы достижения компетенции
2 семестр				
1	Тема 2. Модели исследований. Аналитические методы исследования тепло- массообменных процессов	4	Построение экспоненциальных, параболических и др. видов функций	ПК-3.1
2	Тема 3. Аналитические методы исследования с использованием теплофизического эксперимента	4	Построение экспоненциальных, параболических и др. видов функций в зависимости от данных эксперимента	ПК-3.1
3	Тема 4. Вероятностно-статистические методы.	4	Способы нахождения моды,	ПК-3.2

			медианы, дисперсии.	
4	Тема 5. Методы системного анализа	4	Планирование эксперимента при поиске оптимума поверхности. Математическая модель однофакторного эксперимента.	ПК-3.3
5	Тема 6. Методы графического отображения результатов измерения	4	Анализ процессов по принципу «цепного» механизма. Отображение процессов фазового перехода, охлаждения и т.д. графическим путем	ПК-3.3
6	Тема 7. Методы подбора эмпирических формул.	4	Основные методы обобщения экспериментальных данных по методу формализации. Метод средних, метод конечных разностей	ПК-3.2
7	Тема 8. Методы планирования теплофизических экспериментов	4	Типовой расчет трехфакторной модели	ПК-3.3
8	Тема 9. Критерии согласия.	8	Расчет адекватности уравнения регрессии по критериям Фишера, Романовского, Колмогорова, приближенному критерию	ПК-3.3
3 семестр				
10	Тема 10. Метод наименьших квадратов	2	Обобщение данных по МНК	ПК-3.1
11	Тема 11. Линейный регрессионный анализ	2	Одномерная линейная регрессия. Разбор линейной функции по регрессионному методу	ПК-3.2
12	Тема 12. Нелинейный регрессионный анализ	2	Степенная, показательная и гиперболическая регрессия	ПК-3.2 ПК-3.3
13	Тема 13. Линейный корреляционный анализ	2	Теснота связи и коэффициент эластичности по анализу линейных уравнений	ПК-3.2
14	Тема 15. Программные продукты обработки данных по тепло-массообмену	6	ChemCad как средство построения технологических потоков	ПК-4.1 ПК-4.2
15	Тема 16. Построение вариационных рядов.	4	Гистограмма, полигон, подтверждение экспериментальных данных	ПК-4.3

			теоретическими	
--	--	--	----------------	--

Лабораторные занятия проводятся в помещениях учебных и научных лабораторий кафедры «Теоретические основы теплотехники» с использованием лабораторных и исследовательских экспериментальных установок и стендов.

8. Самостоятельная работа бакалавра

№ п/п	Темы, выносимые на самостоятельную работу	Часы	Форма СРС	Индикаторы достижения компетенции
2 семестр				
1	Проверка статистических гипотез для целей статистического контроля качества процессов	9	Подготовка к лабораторным работам и оформление отчета	ПК-3.3
2	Статистические и систематические ошибки измерений.	9	Изучение лекционного материала и рекомендуемой литературы, оформление отчета в виде реферата	ПК-3.1
3	Функции распределения случайной величины. Свойства основных функций распределения.	9	Выполнение домашнего задания	ПК-3.1
4	Проверка статистических гипотез. Критерии χ^2 , Колмогорова	9	Подготовка к лабораторным работам и оформление отчета	ПК-3.3
5	Ошибки измерений теплофизического эксперимента	9	Изучение лекционного материала и рекомендуемой литературы, оформление отчета в виде реферата	ПК-3.2
6	Методы организации эксперимента	9	Изучение лекционного материала и рекомендуемой литературы	ПК-3.1
7	Требования к факторам при планировании теплового эксперимента	9	Подготовка к лабораторным работам и оформление отчета	ПК-4.2
3 семестр				
8	Методы оценки экспериментального разрешения по известным процессам.	5	Подготовка к лабораторным работам и оформление отчета	ПК-4.1
9	Свойства случайных величин	4	Изучение лекционного материала и рекомендуемой литературы, оформление отчета	ПК-3.1

10	Проверка адекватности полученной математической модели	5	Подготовка к лабораторным работам и оформление отчета	ПК-4.3
11	Проверка значимости коэффициентов регрессии.	4	Подготовка к лабораторным и практическим работам и оформление отчета	ПК-3.3

9. Использование рейтинговой системы оценки знаний.

При оценке результатов деятельности студентов в рамках дисциплины «Физическое моделирование элементарных актов тепло- и массообмена» используется балльно-рейтинговая система. Балльно-рейтинговая оценка формируется на основании текущего и промежуточного контроля. Максимальное и минимальное количество баллов по различным видам учебной работы описано в «Положении о балльно-рейтинговой системе оценки знаний студентов и обеспечения качества учебного процесса» ФГБОУ ВО КНИТУ.

При изучении указанной дисциплины предусматривается:

- 2 семестр: проведение теста, выполнение 8 лабораторных работ и реферата с презентациями. За эти виды работ студент может получить количество баллов – от 36 до 60 (см. таблицу). В результате текущий рейтинг составит 36-60 баллов. За экзамен студент может получить минимум 24 балла и максимальное количество баллов – 40. В итоге рейтинг за изучение дисциплины составляет 60-100 баллов.

- 3 семестр: выполнение 6 лабораторных работ и контрольный опрос остаточных знаний. За эти виды работ студент может получить количество баллов – от 60 до 100 (см. таблицу). В результате максимальный текущий рейтинг составит 100 баллов.

Оценочные средства	Кол-во	Min, баллов	Max, баллов
2 семестр			
Лабораторная работа	8	28	44
Тест	1	3	5
Реферат	1	5	11
Экзамен	1	24	40
Итого:		60	100
3 семестр			
Лабораторная работа	6	36	60
Контрольный опрос	1	24	40
Итого:		60	100

10. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

Оценочные средства для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации обучающихся и итоговой (государственной итоговой) аттестации разрабатываются согласно положению о Фондах оценочных средств, рассматриваются как составная часть рабочей программы и оформляются отдельным документом.

11. Информационно-методическое обеспечение дисциплины «Физическое моделирование элементарных актов тепло- и массообмена»

11.1 Основная литература

При изучении дисциплины «Физическое моделирование элементарных актов тепло- и массообмена» в качестве основных источников информации, рекомендуется использовать следующую литературу:

Основные источники информации	Кол-во экз.
1. Федоткин, М.А. Модели в теории вероятностей / Федоткин М.А. — Moscow : Физматлит, 2018 .	ЭБС «Консультант студента» http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922113847.html Доступ из любой точки интернета после регистрации с IP-адресов КНИТУ
2. Косарев, Е.Л. Методы обработки экспериментальных данных / Косарев Е.Л. — Moscow : Физматлит, 2018.— Методы обработки экспериментальных данных [Электронный ресурс] / Косарев Е.Л. - 2-е изд., перераб. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2018.	ЭБС «Консультант студента» http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922106085.html Доступ из любой точки интернета после регистрации с IP-адресов КНИТУ
3. Острейковский, Владислав Алексеевич. Статистические методы обработки экспериментальных данных с использованием пакета MathCad : Учебное пособие .— Москва ; Москва : ООО "КУРС" : ООО "Научно-издательский центр ИНФРА-М", 2019.— 208 с.	ЭБС «znanium.com» http://znanium.com/go.php?id=508241 Доступ из любой точки интернета после регистрации с IP-адресов КНИТУ

11.2 Дополнительная литература

В качестве дополнительных источников информации, рекомендуется использовать следующую литературу:

Дополнительные источники информации	Кол-во экз.
1. Трусов, П.В. Введение в математическое моделирование / Трусов П.В. — Moscow : Логос, 2004 .	ЭБС «Консультант студента» http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN5940102727.html Доступ из любой точки интернета после регистрации с IP-адресов КНИТУ
2. Карманов, Ф.И. Статистические методы обработки экспериментальных данных. Лабораторный практикум с использованием пакета MathCad: / Карманов Ф.И. ; Острейковский В.А. — Moscow : Абрис, 2012 .—	ЭБС «Консультант студента» http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785437200599.html Доступ из любой точки интернета после регистрации с IP-адресов КНИТУ

Статистические методы обработки экспериментальных данных. Лабораторный практикум с использованием пакета MathCad [Электронный ресурс] : Учеб. пособие / Ф.И. Карманов, В.А. Острейковский. - М. : Абрис, 2012.	
3. Афанасьева, Н.Ю. Вычислительные и экспериментальные методы научного эксперимента [Электронный ресурс] : учебное пособие / Н.Ю. Афанасьева. — Москва : КноРус, 2010. — 330 с.	ЭБС «book.ru» http://www.book.ru/book/900398 Доступ из любой точки интернета после регистрации с IP-адресов КНИТУ

11.3 Электронные источники информации

При изучении дисциплины «Физическое моделирование элементарных актов тепло- и массообмена» в качестве электронных источников информации, рекомендуется использовать следующие источники:

1. Электронный каталог УНИЦ КНИТУ – Режим доступа: <http://ruslan.kstu.ru/>
2. Электронная библиотека УНИЦ КНИТУ – Режим доступа: <http://ft.kstu.ru/ft/>
3. ЭБС «Консультант студента» - Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru>
4. ЭБС «znanium.com» - Режим доступа: www.znanium.com
5. ЭБС «book.ru» - Режим доступа: www.book.ru

Согласовано:

Зав. сектором ОКУФ



11.4 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы.

1. Научная электронная библиотека. Доступ свободный: www.elibrary.ru
2. Доступ к научным публикациям. <https://www.sciencedirect.com>

12. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

На кафедре теоретических основ теплотехники в учебном процессе при выполнении лабораторных работ и практических занятий используется современная вычислительная техника. Компьютерный класс (ауд. А-35) укомплектован необходимым количеством персональных компьютеров PC AT и программным обеспечением с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечены доступом в электронную информационную среду КНИТУ. В качестве материально-технического обеспечения дисциплины используются мультимедийные средства; наборы слайдов и кинофильмов; демонстрационные приборы; при необходимости – средства мониторинга и т.д.

Лицензированное программное обеспечение и свободно распространяемое

программное обеспечение, в том числе отечественного производства, используемое в учебном процессе при освоении дисциплины «Физическое моделирование элементарных актов тепло- и массообмена»:

1. Microsoft Office
2. Mathcad 15.1
3. Mathlab R2018b

13. Образовательные технологии

Количество занятий, проводимых с использованием интерактивных форм обучения составляет 18 часов. Лекционные занятия проводятся при помощи проектора в виде презентаций и слайдов. При защите лабораторных работ интерактивной формой является дискуссия и системы дистанционного обучения.