МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ДЕПАРТАМЕНТ НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ И ОБРАЗОВАНИЯ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

АЗОВО-ЧЕРНОМОРСКИЙ ИНЖЕНЕРНЫЙ ИНСТИТУТ – ФИЛИАЛ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО
УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ» В Г. ЗЕРНОГРАДЕ

Бутенко Александр Федорович
Подписано цифровой подписью: Бутенко Александр Федорович
Дата: 2025.04.24 09:16:50 +03'00'

УТВЕРЖДАЮ.
Директор

_____**А.Ф. Бутенко**

«24» апреля 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины Б1.В.03 «Термодинамические и тепломассообменные неравновесные процессы»

Направление подготовки 13.04.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»

Направленность «Энергообеспечение предприятий**»**

Факультет «Энергетический»

Кафедра «Электроэнергетика и теплоэнергетика»

Форма обучения очная**,** заочная

Квалификация выпускника-магистр

Зерноград-2025

При разработке рабочей программы учебной дисциплины (модуля) в основу положены:

1. ФГОС ВО – магистратура по направлению подготовки 13.04.01 «Теплоэнергетика и теплотехника», утвержденный приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от «28» февраля 2018 года № 146.

2. Учебный план направленности «Энергообеспечение предприятий» (год начала подготовки 2025) одобрен Ученым советом Азово-Черноморского инженерного института ФГБОУ ВО Донской ГАУ
Протокол № 6 от «19» февраля 2025 г.

Рабочая программа учебной дисциплины «Термодинамические и тепломассообменные неравновесные процессы» одобрена на заседании кафедры «Электроэнергетика и теплоэнергетика».
Протокол № 7 от «24» марта 2025 г.

Заведующий кафедрой
к.т.н., доцент М.М. Украинцев

Рабочая программа учебной дисциплины «Термодинамические и тепломассообменные неравновесные процессы» рекомендована к использованию в учебном процессе на заседании методической комиссии по направлению подготовки 13.03.01 и 13.04.01 «Теплоэнергетика и теплотехника».
Протокол № 5 от «24» марта 2025 г.

Председатель методической комиссии
к.т.н. доцент М.С. Демченко

Разработчик:
к.т.н., доцент А.Н. Токарева

Содержание

		с.
		С.
1.	Вводная часть……	4
1.1.	Цели освоения дисциплины……	4
1.2.	Место дисциплины в структуре ОПОП…….	4
1.3	Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесённые с индикаторами достижения компетенций……..	5
2.	Основная часть…….	6
2.1.	Объем учебной дисциплины и виды учебной работы…….	6
2.2	Содержание учебной дисциплины……	8
2.2.1	Разделы учебной дисциплины виды учебной деятельности и формы контроля……	10
2.2.2.	Лабораторный практикум……..	11
2.2.3.	Практические занятия…….	11
2.3.	Самостоятельная работа студента…….	13
3.	Образовательные технологии…….	14
4.	Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и результатов освоения учебной дисциплины……..	16
4.1.	Виды контроля и аттестации, формы оценочных средств……..	16
4.2.	Примерные темы курсовых работ…….	17
4.3.	Примерные темы рефератов (эссе)……	17
4.4.	Тесты текущего контроля……..	17
4.5.	Тесты промежуточного контроля……..	17
4.6.	Варианты контрольных заданий……	17
4.7.	Вопросы к экзамену……	17
5.	Учебно-методическое и информационное обеспечение учебной дисциплины……..	20
5.1.	Основная литература……	20
5.2.	Дополнительная литература……	21
5.3.	Профессиональные базы данных, информационные справочные системы и Интернет-ресурсы……	22
5.4.	Программное обеспечение учебного процесса……...	22
5.5	Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся…….	23
6.	Материально-техническое обеспечение дисциплины…….	24
7.	Методические указания для обучающихся по освоению учебной дисциплины……..	26

1. **ВВОДНАЯ ЧАСТЬ**

1.1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения учебной дисциплины «Термодинамические и тепломассообменные неравновесные процессы» является: формирование у магистров теоретических знаний и практических навыков по разработке мероприятий по повышению надежности и экономичности тепловых сетей путем анализа неравновесных процессов, протекающих в тепломеханическом оборудовании

Задачами дисциплины являются:

– формирование умений определять отклонения в режимах работы тепловых сетей на основе анализа термодинамических и тепломассообменных неравновесных процессов;

–формирование навыков анализа режимов работы тепломеханического оборудования на основе физических закономерностей неравновесных процессов

1.2. Место учебной дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Термодинамические и тепломассообменные неравновесные процессы» относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений.

Изучение данной дисциплины базируется на освоении студентами дисциплин: «Техническая термодинамика» (курс бакалавриата); «Тепломассообмен» (курс бакалавриата); «Математическое моделирование»

Освоение данной дисциплины необходимо для качественного выполнения выпускной квалификационной работы.

1.3. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесённые с индикаторами достижения компетенций

Изучение дисциплины направлено на формирование профессиональных компетенций, необходимых для решения задач профессиональной деятельности и обеспечивающие достижение планируемых результатов освоения образовательной программы.

Код компетенции	Содержание компетенции	Планируемые результаты обучения	
		Код и наименование индикатора достижения компетенции	Формируемые знания, умения и навыки
ПК-1	Способностью к разработке организационно-технических мероприятий по повышению надежности и экономичности работы оборудования тепловых сетей	ПК-1.1. Анализирует выполнение заданных режимов работы тепловых сетей	Знать: технологические схемы оборудования тепловых сетей и физическую сущность протекающих в них неравновесных термодинамических и тепломассообменных процессов Уметь: определять отклонения в режимах работы тепловых сетей на основе анализа термодинамических и тепломассообменных неравновесных процессов Владеть: навыками анализа режимов работы тепломеханического оборудования на основе физических закономерностей неравновесных процессов

2. ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

2.1. Объем учебной дисциплины и виды учебной работы

Очная форма обучения

Вид работы		Всего часов	Семестр 3
Аудиторные занятия (всего)		**50**	**50**
В том числе:			
Лекции (Л)		16	16
Практические занятия (ПЗ)		34	34
Семинары (С)		–	–
Лабораторные работы		–	–
Самостоятельная работа студента (СРС) (всего)		**67**	**67**
В том числе:			
Самоподготовка: проработка конспектов лекций, материала учебных пособий и учебников, подготовка к практическим занятиям, текущему контролю		67	67
СРС в период промежуточной аттестации (подготовка к экзамену)		**27**	**27**
Вид промежуточной аттестации: Зачёт (З) Зачёт с оценкой (ЗО) Экзамен (Э)		Э	Э
ИТОГО:	часов	**144**	**144**
общая трудоемкость	зач. единиц	4	4

Заочная форма обучения

Вид работы		Всего часов	Семестр 4
Аудиторные занятия (всего)		**16**	**16**
В том числе:			
Лекции (Л)		8	8
Практические занятия (ПЗ)		8	8
Семинары (С)		–	–
Лабораторные работы		–	–
Самостоятельная работа студента (СРС) (всего)		**119**	**119**
В том числе:			
Самоподготовка: проработка конспектов лекций, материала учебных пособий и учебников, подготовка к практическим занятиям, текущему контролю		119	119
СРС в период промежуточной аттестации (подготовка к экзамену)		**9**	**9**
Вид промежуточной аттестации: Зачёт (З) Зачёт с оценкой (ЗО) Экзамен (Э)		Э	Э
ИТОГО:	часов	**144**	**144**
общая трудоемкость	зач. единиц	4	4

2.2. Содержание учебной дисциплины

Содержание разделов учебной дисциплины:

Семестр очн. (заочн.)	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Содержание раздела в дидактических единицах	Коды индикаторов достижения компетенций
3(4)	Модуль №1. Неравновесная термодинамика.	1.1.Понятие неравновесных термодинамических систем и процессов Аксиоматическое построение термодинамики.	ПК-1.1
			ПК-1.1
		1.2. Классификация термодинамических неравновесных систем. Функции состояния систем и функции термодинамических процессов	ПК-1.1
		1.3. Математические выражения законов термодинамики для неравновесных систем.	ПК-1.1
		1.4.Потоки термодинамических параметров и термодинамические силы. Определение максимального кпд тепловых двигателей по термодинамическим потокам	ПК-1.1
		1.5. Производство энтропии в дискретных неравновесных системах. Локальная скорость возникновения энтропии	ПК-1.1
		1.6. Уравнения сохранения массы, импульса и энергии в непрерывной среде	ПК-1.1
		1.7. Понятие линейной термодинамики неравновесных процессов.	ПК-1.1
		1.8. Понятие нелинейной неравновесной термодинамики.	ПК-1.1
		1.9. Сущность кинетических фазовых переходов. Анализ процесса фазового перехода в паровых котлах. Повышение экономичности парового котла на основе анализа процессов фазового перехода	ПК-1.1
3(4)	Модуль 2. Неравновесные процессы тепломассообмена.	2.1.Общие положения теории переноса. Тензор напряжений и вектор теплового потока.	ПК-1.1
		2.2. Система дифференциальных уравнений переноса	ПК-1.1
		2.3. Задачи теплопроводности в твердом теле при нестационарном режиме. Анализ неравновесных процессов теплопроводности в плоских изоляционных конструкциях. Повышение экономичности котлов на основе анализа процесса теплопроводности при нестационарном режиме.	ПК-1.1

1	2	3	4
		2.4. Анализ неравновесных процессов теплопроводности в цилиндрических изоляционных конструкциях. Повышение экономичности работы трубопроводов тепловых сетей и греющей части котла на основе анализа процесса теплопроводности при нестационарном режиме.	ПК-1.1
		2.5. Понятие о пограничном слое. Уравнение пограничного слоя. Толщина пограничного слоя.	ПК-1.1
		2.6. Неравновесный процесс теплообмена при обтекании плоской пластины. Уравнение конвективного переноса теплоты в каналах. Анализ неравновесного процесса теплообмена в пластинчатых аппаратах и повышение эффективности теплопереноса	ПК-1.1
		2.7. Анализ неравновесных процессов теплообмена в круглых трубах при постоянной температуре теплоносителя. Анализ неравновесных процессов теплообмена в круглых трубах при постоянном тепловом потоке Повышение экономичности работы трубопроводов тепловых сетей	ПК-1.1
		2.9. Основы теплообмена при конденсации пара на твердых поверхностях. Повышение надежности поверхностей котлов на основе анализа неравновесного процесса теплообмена при конденсации теплоносителя.	ПК-1.1
		2.10. Теплообмен излучением между поверхностями. Угловые коэффициенты. Повышение экономичности работы лучистых систем отопления на основе анализа закономерностей протекания процессов лучистого теплообмена.	ПК-1.1
		2.11. Неравновесные процессы тепломассообмена в газовых горелках. Повышение экономичности работы горелочных устройств на основе анализа потоков газов.	ПК-1.1
		2.12. Макроскопические процессы диффузии. Коэффициенты диффузии и массопередачи. Совершенствование процесса массопередачи через мембрану в водоподготовительных установках на основе анализа процессов диффузии	ПК-1.1

2.2.1. Разделы учебной дисциплины, виды учебной деятельности и формы контроля

Очная форма обучения

Семестр	Наименование раздела учебной дисциплины (модуля)	Виды учебной деятельности, включая самостоятельную работу студентов (в часах)					Формы текущего контроля успеваемости (*по неделям семестра)*
		Л	ЛР	ПЗ	СРС	всего	
3	Модуль 1. Неравновесная термодинамика.	8		6	36	50	Контрольная работа 3 неделя семестра
	Модуль 2. Неравновесные процессы тепломассообмена.	8		28	31	67	Контрольная работа 17 неделя семестра
	Контроль				27	27	Экзамен
	Всего:	**16**		**34**	**94**	**144**	-

Заочная форма обучения

Семестр	Наименование раздела учебной дисциплины (модуля)	Виды учебной деятельности, включая самостоятельную работу студентов (в часах)					Формы текущего контроля успеваемости (*по неделям семестра)*
		Л	ЛР	ПЗ	СРС	всего	
4	Модуль 1. Неравновесная термодинамика.	4		–	60	64	-
	Модуль 2. Неравновесные процессы тепломассообмена.	4		8	59	71	-
	Контроль				9	9	Экзамен
	Всего:	**8**		**8**	**128**	**144**	-

2.2.2. Лабораторный практикум

Не предусмотрен.

2.2.3. Практические занятия

Очная форма обучения

Семестр	Наименование раздела учебной дисциплины (модуля)	Наименование практического занятия	Всего часов
1	2	3	4
3	Модуль 1. Неравновесная термодинамика.	1.1.Расчет термодинамического потока массы	2
		1.2 Определение оптимального кпд паросиловой установки по термодинамическим потокам. Контрольная работа	4
3	Модуль 2. Неравновесные процессы тепломассообмена.	2.1.Расчет скорости распространения тепла и температуры	2
		2.2.Расчет количества теплоты через плоскую стенку при нестационарной теплопроводности	2
		2.3.Расчет количества теплоты через цилиндрическую поверхность при нестационарной теплопроводности	2
		2.4.Определение толщины пограничного слоя	2
		2.5.Определение скорости профиля ламинарного потока	2
		2.6.Определение расхода теплоты при свободно-конвективном теплообмене через вертикальную плоскую поверхность	2
		2.7.Определение коэффициента теплоотдачи при конденсации пара и массы конденсата	2

1	2	3	4
		2.8.Расчет уменьшения скорости охлаждения тела при теплообмене излучением	2
		2.9.Расчет параметров процесса тепломассообмена в горелочных устройствах	4
		2.10.Определение коэффициентов диффузии и массоопередачи в жидкостях и газах	4
		2.11. Определение коэффициента массоотдачи в обратноосмотических аппаратах водоподготовительных установок. Контрольная работа	4
ИТОГО:			**34**

Заочная форма обучения

Семестр	Наименование раздела учебной дисциплины (модуля)	Наименование практического занятия	Всего часов
4	Модуль 2. Неравновесные процессы тепломассообмена.	2.1.Расчет количества теплоты через цилиндрическую поверхность при нестационарной теплопроводности	2
		2.2.Расчет уменьшения скорости охлаждения тела при теплообмене излучением	2
		2.3. Расчет параметров процесса тепломассообмена в горелочных устройствах	4
ИТОГО:			**8**

2.3. Самостоятельная работа студента

Очная форма обучения

Виды СРС:

Семестр	Наименование раздела учебной дисциплины (модуля)	Виды СРС	Всего часов
3	Модуль 1. Неравновесная термодинамика.	Изучение материала по учебникам и учебным пособиям, проработка конспекта лекций, подготовка к практическим занятиям, текущему контролю	36
	Модуль 2. Неравновесные процессы тепломассообмена.	Изучение материала по учебникам и учебным пособиям, проработка конспекта лекций, подготовка к практическим занятиям, текущему контролю	31
ИТОГО:			**67**

Заочная форма обучения

Виды СРС:

Семестр	Наименование раздела учебной дисциплины (модуля)	Виды СРС	Всего часов
4	Модуль 1. Неравновесная термодинамика.	Изучение материала по учебникам и учебным пособиям, проработка конспекта лекций,	60
	Модуль 2. Неравновесные процессы тепломассообмена.	Изучение материала по учебникам и учебным пособиям, проработка конспекта лекций, подготовка к практическим занятиям	59
ИТОГО:			**119**

3. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Очная форма обучения

Семестр	Виды учебной работы	Образовательные технологии	Особенности проведения занятий (индивидуальные/ групповые)
3	Лекция 1.4	Проблемное изложение	Групповые
	Лекция 2.4.	Проблемное изложение	Групповые
	Практическое занятие 1.2	Решение практико-ориентированных задач	Групповые
	Практические занятия 2.2, 2.3, 2.6,2.7,2.8	Решение практико-ориентированных задач.	Групповые
	Практические занятия 2.9, 2.11.	Решение практико-ориентированных задач. Тренинг	Групповые

Занятия в интерактивной форме в объеме:
лекции -4часа
практические занятия -22 часа

Заочная форма обучения

Семестр	Виды учебной работы	Образовательные технологии	Особенности проведения занятий (индивидуальные/ групповые)
4	Лекция 1.2	Проблемное изложение	Групповые
	Лекция 2.2.	Проблемное изложение	Групповые
	Практические занятия 2.1.,2.2,2.3	Решение практико-ориентированных задач.	Групповые

Занятия в интерактивной форме в объеме:
лекции -4часа
практические занятия -8 часов

В исключительных случаях применяется электронное обучение и дистанционные образовательные технологии (ЭО и ДОТ), включая проведение текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации. Реализация программы дисциплины с использованием ЭО и ДОТ осуществляется по усмотрению ведущего преподавателя с учетом технических возможностей обучающихся с использованием программных средств, обеспечивающих применение элементов ЭО и ДОТ в Институте, путем синхронного и асинхронного взаимодействия, к которым могут относиться:

- электронная информационно-образовательная среда Института;
- групповая голосовая конференция в мессенджерах (Яндекс.Мессенджер, VK Teams);
- групповой чат в мессенджерах Яндекс.Мессенджер, социальной сети ВКонтакте;
- онлайн видеоконференция в Яндекс.Телемост;
- видеозаписи лекций педагогических работников Института, размещённые на различных видеохостингах (например, на каналах преподавателей) и/или облачных хранилищах (например, Яндекс.Диск).

4. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ И РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Виды контроля и аттестации, формы оценочных средств

Очная форма обучения

Семестр	Виды контроля и аттестации (ВК, ТАт, ПрАт*)	Коды индикаторов достижения компетенций	Наименование раздела учебной дисциплины (модуля)	Оценочные средства		
				Форма	Кол-во вопросов и заданий	Кол-во независимых вариантов
3	ТАт	ПК-1.1	Модуль 1. Неравновесная термодинамика.	Контрольная работа	3	10
	ТАт	ПК-1.1	Модуль 2. Неравновесные процессы тепломассообмена.	Контрольная работа-	2	10
	ПрАт			Экзамен	3	10

Заочная форма обучения

Семестр	Виды контроля и аттестации (ВК, ТАт, ПрАт*)	Коды индикаторов достижения компетенций	Наименование раздела учебной дисциплины (модуля)	Оценочные средства		
				Форма	Кол-во вопросов и заданий	Кол-во независимых вариантов
4	ТАт	–	Модуль 1. Неравновесная термодинамика.	–	–	–
	ТАт	–	Модуль 2. Неравновесные процессы тепломассообмена.	–	–	–
	ПрАт			Экзамен	3	10

4.2. Примерные темы курсовых работ/проектов

Не предусмотрены.

4.3. Примерные темы рефератов

Не предусмотрены.

4.4. Тесты промежуточного контроля

Не предусмотрены.

4.4.1. Ключи к тестам

Не предусмотрены.

4.5. Тесты текущего контроля

Не предусмотрены.

4.5.1. Ключи к тестам

Не предусмотрены.

4.6. Варианты контрольных заданий

Вариант контрольного задания по модулю «Неравновесная термодинамика»

1.Представьте классификацию термодинамических неравновесных систем
2. Напишите уравнение сохранения энергии в непрерывной среде
3.Определить безразмерные отношения потоков и сил, соответствующие максимуму термического КПД, если мера сопряжения термодинамических потоков q= 0,6

Вариант контрольного задания по модулю «Неравновесные процессы тепломассообмена»

1. В массообменном аппарате работающем под давлением 3,0 бар (0,3 МПа), коэффициенты массоотдачи имеют следующие значения: β_y=1,05 кмоль/(м^2·ч) Δy=1; β_x=22 кмоль/(м^2·К) Δx=1. Коэффициент сопротивления перехода вещества в жидкой фазе составляет m=36,28. Определить : коэффициент массопередачи Ку и Кх
2. Черное тело радиусом r=0,25м температурой Т=473К покрыто зачерненной с обоих сторон оболочкой радиусом R=0,255м. Найти насколько такой радиационный экран уменьшит скорость охлаждения тела. Потери тепла, связанные с теплопроводностью, отсутствуют.

4.7. Вопросы к экзамену

№ вопроса	Вопросы	Коды индикаторов достижения компетенций
1	2	3
1	Понятие неравновесных термодинамических систем и процессов	ПК-1.1
2	Классификация термодинамических неравновесных систем	ПК-1.1

1	2	3
3	Математические выражения законов термодинамики для неравновесных систем.	ПК-1.1
4	Потоки термодинамических параметров и термодинамические силы	ПК-1.1
5	Определение максимального кпд тепловых двигателей по термодинамическим потокам	ПК-1.1
6	Производство энтропии в дискретных неравновесных системах. Локальная скорость возникновения энтропии	ПК-1.1
7	Уравнения сохранения массы, импульса и энергии в непрерывной среде	ПК-1.1
8	Понятие линейной термодинамики неравновесных процессов.	ПК-1.1
9	Понятие нелинейной неравновесной термодинамики	ПК-1.1
10	Сущность кинетических фазовых переходов.	ПК-1.1
11	Анализ процесса фазового перехода в паровых котлах. Повышение экономичности парового котла на основе анализа процессов фазового перехода	ПК-1.1
12	Общие положения теории переноса Тензор напряжений и вектор теплового потока.	ПК-1.1
13	Система дифференциальных уравнений переноса	ПК-1.1
14	Анализ неравновесных процессов теплопроводности в плоских изоляционных конструкциях	ПК-1.1
15	Повышение экономичности котлов на основе анализа процесса теплопроводности при нестационарном режиме.	ПК-1.1
16	Повышение экономичности работы трубопроводов тепловых сетей и греющей части котла на основе анализа процесса теплопроводности при нестационарном режиме.	ПК-1.1
17	Понятие о пограничном слое. Уравнение пограничного слоя. Толщина пограничного слоя.	ПК-1.1
18	Неравновесный процесс теплообмена при обтекании плоской пластины.	ПК-1.1
19	Анализ неравновесного процесса теплообмена в пластинчатых аппаратах и повышение эффективности теплопереноса	ПК-1.1
20	Анализ неравновесных процессов теплообмена в круглых трубах при постоянной температуре теплоносителя	ПК-1.1
21	Анализ неравновесных процессов теплообмена в круглых трубах при постоянном тепловом потоке	ПК-1.1
22	Повышение экономичности работы трубопроводов тепловых сетей	ПК-1.1
23	Основы теплообмена при конденсации пара на твердых поверхностях	ПК-1.1
24	Повышение надежности поверхностей котлов на основе анализа неравновесного процесса теплообмена при конденсации теплоносителя.	ПК-1.1
25	Теплообмен излучением между поверхностями. Угловые коэффициенты.	ПК-1.1
26	Повышение экономичности работы лучистых систем отопления на основе анализа закономерностей протекания процессов лучистого теплообмена.	ПК-1.1

1	2	3
27	Неравновесные процессы тепломассообмена в газовых горелках.	ПК-1.1
28	Повышение экономичности работы горелочных устройств на основе анализа потоков газов.	ПК-1.1
29	Макроскопические процессы диффузии. Коэффициенты диффузии и массопередачи	ПК-1.1
30	Совершенствование процесса массопередачи через мембрану в водоподготовительных установках на основе анализа процессов диффузии	ПК-1.1

Примерные варианты экзаменационных задач

1. Определить стехиометрический коэффициент z, если феноменологический коэффициент в одном термодинамическом потоке составляет $L_{11} = 1{,}2\frac{Bm}{м\cdot^0 C}$, а во втором $L_{22} = 0{,}6\frac{Bm}{м\cdot^0 C}$

2. Определить коэффициент диффузии диоксида углерода в воде при температуре 20ºС. Коэффициент кинематической вязкости газа равен $\nu = 1\frac{м^2}{c}$. Характеристики газа и воды представлены в таблице.

Показатель	Значение	
	Для газа	Для воды
Поправочный коэффициент	A=1	B=4,7
Молекулярная масса	M_A=44	M_B=18
Молекулярный объем	$\upsilon_A = 29{,}6$	$\upsilon_B = 14{,}8$

3. Вычислить угловой коэффициент между двумя параллельными полосами шириной а по 2,5м каждая. Расстояние между полосами h=3,5м. Длина полос велика по сравнению с шириной.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Основная литература

№ п\п	Наименование	Авторы	Год и место издания	Используется при изучении разделов (модулей)	Количество экземпляров	
					В библиотеке	На кафедре
1	Теплофизика: неравновесные процессы тепломассопереноса /. –: ил. – Режим доступа: по подписке. [Электронный ресурс]. – URL https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=560818	Байков В.И., Павлюкевич Н.В., Федотов А.К., Шнип А.И.	Минск : Вышэйшая школа, 2018. – 480 с.	1,2	+	+
2	Общий курс физики :– Т. 2. Термодинамика и молекулярная физика. URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=82995	Сивухин, Д.В.	Москва : Физматлит, 2006. -544 с.	1	+	+
3	Физико-химические основы процессов тепломассообмена : [Электронный ресурс]. – URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=442086	Архипов, В.А	Томск : Издательство Томского политехническог о университета, 2015. – 199 с	1,2	+	+
4.	Физическое моделирование процессов передачи теплоты : [Электронный ресурс]. URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=434810	Лукин, С.В.	Череповец : Череповецкий государственный университет (ЧГУ), 2016. – 112 с.	1,2	+	+

5.2. Дополнительная литература

№ п\п	Наименование	Авторы	Год и место издания	Используется при изучении разделов (модулей)	Количество экземпляров	
					В библиотеке	На кафедре
1	Описание неравновесной кинетики в многоатомных газах [Электронный ресурс]. - URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=457955	Е.В. Кустова, Е.А. Нагнибеда, Л.А. Пузырева.	Санкт-Петербург : Издательство Санкт-Петербургского Государственного Университета, 2016. - 96 с.	1,2	+	+
2	Неравновесная термодинамика в вопросах и ответах [Электронный ресурс]. - URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=63243	Агеев, Е.П	Москва : МЦНМО, 2005. - 160 с.	1,2	+	+
3	Основы химической термодинамики: к курсу физической химии : учебное пособие[Электронный ресурс]. – URL http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=258361	Булидорова Г.В., Галяметдинов Ю.Г., Ярошевская Х.М., Барабанов В.П.;	Казань : КГТУ, 2011. - 218 с.	1	+	+
4	Нелинейная неравновесная термодинамика [Электронный ресурс].URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=495471 .	Бахарева, И.Ф.	Саратов : Издательство Саратовского университета, 1976. - 141 с.	1	+	+
5	Прикладная теория тепловых и массообменных процессов в системном анализе энергоемкости продукции [Электронный ресурс]. - URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=276912.	Волков В.С. Зубков В.В.	Санкт-Петербург : СПбГАУ, 2013. - 132 с. :	2	+	+

5.3. Профессиональные базы данных, информационные справочные системы и Интернет-ресурсы

1. Университетская библиотека онлайн. Электронно-библиотечная система – https://biblioclub.ru
2. Издательство Лань. Электронно-библиотечная система – https//e.lanbook.com
3. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU – http://elibrary.ru
4. База данных издательства Springer Nature «Российский фонд фундаментальных исследований» – http://www.rfbr.ru
5. Журнал «Теплоэнергетика» http://tepen.ru
6. Журнал «Энергетик» http://www.energetik.energy-journals.ru/index.php/EN
7. Информационная система по теплоснабжению РосТепло.RU - https://www.rosteplo.ru

Информационные технологии

Электронная информационная образовательная среда института обеспечивает доступ к учебным планам, рабочим программам дисциплин (модулей), программам практик, электронным учебным изданиям и электронным образовательным ресурсам, указанным в рабочих программах дисциплин (модулей), программах практик; формирование электронного портфолио обучающегося, в том числе сохранение его работ и оценок за эти работы. Предусмотрена возможность взаимодействия студентов и преподавателей посредством технологий по пересылке и получению электронных сообщений.

5.4. Программное обеспечение учебного процесса

LibreOffice

5.5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся –

№ п\п	Вид самостоятельной работы	Авторы	Наименование	Год и место издания
1	Подготовка к лекционным и практическим занятиям	Байков В.И., Павлюкевич Н.В., Федотов А.К., Шнип А.И.	Теплофизика: неравновесные процессы тепломассопереноса /. –: ил. – Режим доступа: по подписке. [Электронный ресурс]. – URL:http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=560818.	Минск : Вышэйшая школа, 2018. – 480 с.
2	Подготовка к лекционным и практическим занятиям	Агеев, Е.П	Неравновесная термодинамика в вопросах и ответах [Электронный ресурс]. - URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=63243	Москва : МЦНМО, 2005. - 160 с.
3	Подготовка к практическим занятиям	Волков В.С. Зубков В.В.	Прикладная теория тепловых и массообменных процессов в системном анализе энергоемкости продукции [Электронный ресурс]. - URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=276912.	Санкт-Петербург : СПбГАУ, 2013. - 132 с. :
4	Подготовка к практическим занятиям	А.Н. Токарева, В.Н. Литвинов, С.В. Панченко, М.С. Демченко.	Решение задач нестационарной теплопроводности в многослойных конструкциях методом конечных разностей [Электронный ресурс]: методические указания / А.Н. Токарева, В.Н. Литвинов, С.В. Панченко, М.С. Демченко. – Электрон. дан. - Зерноград: Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО Донской ГАУ, 2021. – 22 с. http://ачии.рф/files/fbb7b63f-3d8a-4bea-8697-05661da5b514.pdf	Зерноград: Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО Донской ГАУ, 2021. – 22 с.

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
5-205 Аудитория для лекционных, семинарских, практических занятий и консультаций. Аудитория для текущего контроля и промежуточной аттестации. 347740, Ростовская обл., Зерноградский район, г. Зерноград, ул. Советская, дом №15/4.	Комплект учебной мебели Экран для проектора, доска меловая. Посадочных мест 24.
6-222 Аудитория для лекционных, семинарских, практических занятий и консультаций. Аудитория для текущего контроля и промежуточной аттестации. 347740, Ростовская обл., Зерноградский район, г. Зерноград, ул. Советская, дом №15/4.	Комплект учебной мебели . Переносной комплект мультимедийного оборудования: проектор мультимедийный, экран на треноге (или настенный), ноутбук . Доска меловая. Посадочных мест 30.
6-224 Аудитория для лекционных, семинарских, практических занятий и консультаций. Аудитория для текущего контроля и промежуточной аттестации. . 347740, Ростовская обл., Зерноградский район, г. Зерноград, ул. Советская, дом №15/4.	Комплект учебной мебели Переносной комплект мультимедийного оборудования: проектор мультимедийный, экран на треноге (или настенный), ноутбук. Доска меловая. Посадочных мест 30.
2-252 Читальный зал для самостоятельной работы 347740, Ростовская обл., Зерноградский район, г. Зерноград, ул. Советская, дом №28/30.	15 рабочих мест для самостоятельной работы, объединенные в локальную сеть с выходом в сеть Internet. Системный блок Core i3 3,06 Ггц , 2Gb, 250Gb HDD – 5 шт. Системный блок Celeron J3060 1,6 Ггц, 4 Gb, 128 Gb SSD - 10 шт. монитор Phillips 2205– 5 шт, монитор Samsung SyncMaster 923m - 10шт принтер Epson LX-1170 Посадочных мест 114
2-170б Электронный читальный зал для самостоятельной работы	Посадочных мест 10 для самостоятельной работы, объединенных в локальную сеть с

347740, Ростовская обл., Зерноградский район, г. Зерноград, ул. Советская, дом №28/30.	выходом в сеть Internet, с доступом к электронно-библиотечной системе «Лань» и ЭБС «Университетская библиотека онлайн», СПС «КонсультантПлюс: ВерсияПроф». Ведётся медиатека – имеется 1458 электронных текстов изданий. Системный блок С2,8Ггц, 1 GB, 80 GB HDD – 1 шт. Системный блок С2,8Ггц, 512 МБ, 80 GB HDD – 9 шт. Монитор Samsung 920NW – 10 шт. Коммутатор Dlink – 1 шт. Сканер EPSON – 1 шт.
2-170а Отдел научно-технической и социально-гуманитарной литературы, МБА для самостоятельной работы. 347740, Ростовская обл., Зерноградский район, г. Зерноград, ул. Советская, дом №28/30.	Посадочных мест 2 для самостоятельной работы, объединенных в локальную сеть с выходом в сеть Internet. Системный блок Core i3 540 3,06 Ггц , 2Gb, 250Gb HDD – 1шт. Системный блок С2,8Ггц , 512 Mb, 160Gb HDD – 1 шт., монитор Samsung 920NW– 1 шт, монитор Phillips 2205– 1 шт, принтер HP LJ 1150 МФУ Kyocera Taskalfa 180
5-217 Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования. 347740, Ростовская обл., Зерноградский район, г. Зерноград, ул. Советская, дом №15/4.	Специализированная мебель и оборудование для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования

7. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Вид учебных занятий	Организация деятельности студента
Лекции	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, справочников. Обозначить вопросы, термины, материал, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удается разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации.
Практические занятия	Проработка рабочей программы, уделяя особое внимание целям и задачам, структуре и содержанию дисциплины. Конспектирование источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы и др. Решение задач по алгоритму.
Подготовка к экзамену	При подготовке к экзамену необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу