

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Нижегородский государственный технический университет
им. Р.Е. Алексеева» (НГТУ)

Дзержинский политехнический институт (филиал)

УТВЕРЖДАЮ:
Директор института:
_____ А.М.Петровский
« 09 » 06 _____ 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.Б.13 Математическое моделирование и оптимизация
технологических процессов

для подготовки магистров

Направление подготовки: 15.04.02 Технологические машины и оборудование
)

Направленность: Технологическое оборудование химических и нефтехимических производств

Форма обучения: очная, очно-заочная

Год начала подготовки 2023

Выпускающая кафедра Технологическое оборудование и транспортные системы

Кафедра-разработчик Технологическое оборудование и транспортные системы

Объем дисциплины 180/5
часов/з.е

Промежуточная аттестация экзамен

Разработчик: Смирнов С.И., к.т.н., доцент

Дзержинск 2023

Рабочая программа дисциплины: разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО 3++) по направлению подготовки 15.04.02 Технологические машины и оборудование, утвержденного приказом МИНОБРНАУКИ РОССИИ от 14 августа 2020 года № 1026 на основании учебного плана, принятого УС ДПИ НГТУ.
протокол от 02.06.2023г. № 9

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры-разработчика РПД Технологическое оборудование и транспортные системы
протокол от 08.06.2023г. № 8

Заведующий кафедрой к.т.н., доцент _____ В.А. Диков
(подпись)

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий выпускающей кафедрой Технологическое оборудование и транспортные системы

к.т.н, доцент _____ В.А. Диков
(подпись)

Начальник ОУМБО _____ И.В. Старикова
(подпись)

Рабочая программа зарегистрирована в ОУМБО: 15.04.02 - 13

СОДЕРЖАНИЕ

1. Цели и задачи освоения дисциплины4
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.....4
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля)5
4. Структура и содержание дисциплины.....8
5. Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины.....16
6. Учебно-методическое обеспечение дисциплины.....20
7. Информационное обеспечение дисциплины.....20
8. Образовательные ресурсы для инвалидов и лиц с ОВЗ.....21
9. Материально-техническое обеспечение, необходимое для осуществления образовательного процесса по дисциплине.....22
10. Методические рекомендации обучающимся по освоению дисциплины.....22

11.	Оценочные средства для контроля освоения дисциплины.....	25
-----	--	----

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Целью (целями) освоения дисциплины является:

- получение и обработка информации с использованием современных информационных технологий;
- применение прикладных программных средств общего и специального назначения для выполнения расчетов машин и аппаратов с использованием персональных компьютеров, в том числе в режиме удаленного доступа;
- выбор аналитических и численных методов при разработке математических моделей машин и аппаратов;
- разработка метод и алгоритмов расчета технологических процессов и оборудования;
- использование комплекса программных средств для расчета и проектирования технологических объектов.

1.2. Задачи освоения дисциплины (модуля):

- проектирование машин, приводов, систем, технологических процессов с использованием автоматизированных систем технологической подготовки производства машин, приводов, систем;
- разработка технических заданий на проектирование и изготовление машин, приводов, систем, нестандартного оборудования и технологической оснастки машин, приводов, систем
 - разработка перспективных конструкций;
 - создание прикладных программ расчета;
 - разработка эскизных, технических и рабочих проектов сложных изделий с использованием средств автоматизированного проектирования и передового опыта разработки конкурентоспособных изделий;
- проведение технических расчетов по проектам, технико-экономического и функционально-стоимостного анализа эффективности проектируемых изделий и конструкций.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Учебная дисциплина (модуль) "Математическое моделирование и оптимизация технологических процессов" включена в обязательный перечень дисциплин обязательной части образовательной программы вне зависимости от ее направленности (профиля). Дисциплина реализуется в соответствии с требованиями ФГОС, ОП ВО и УП, по данному направлению подготовки.

Дисциплина базируется на следующих дисциплинах: Математические методы в инженерии; Компьютерные технологии в химической промышленности и машиностроении; Основы научных исследований, организация и планирование эксперимента.

Дисциплина "Математическое моделирование и оптимизация технологических процессов" является основополагающей для изучения следующих дисциплин: Научно-исследовательская работа; Выполнение, подготовка к процедуре защиты и защита ВКР.

Рабочая программа дисциплины "Математическое моделирование и оптимизация технологических процессов" для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья разрабатывается индивидуально с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся, по их личному заявлению.

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Таблица 1- Формирование компетенций ОПК-5, ОПК-6 и ОПК-13 дисциплинами

Компетенция	Названия учебных дисциплин, модулей, практик, участвующих в формировании компетенции вместе с данной дисциплиной	Семестры формирования компетенции			
		1 курс		2 курс	
		семестр		семестр	
		1	2	3	4
ОПК-5	Математические методы в инженерии	+			

	Компьютерные технологии в химической промышленности и машиностроении		+		
	Математическое моделирование и оптимизация технологических процессов			+	
	Выполнение, подготовка к процедуре защиты и защита ВКР				+
ОПК-6	Математические методы в инженерии	+			
	Основы научных исследований, организация и планирование эксперимента	+			
	Компьютерные технологии в химической промышленности и машиностроении		+		
	Математическое моделирование и оптимизация технологических процессов			+	
	Научно-исследовательская работа	+	+	+	+
	Выполнение, подготовка к процедуре защиты и защита ВКР				+
ОПК-13	Компьютерные технологии в химической промышленности и машиностроении		+		
	Математическое моделирование и оптимизация технологических процессов			+	
	Научно-исследовательская работа	+	+	+	+
	Выполнение, подготовка к процедуре защиты и защита ВКР				+

ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОП

Таблица 2- Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине	Оценочные средства	
			Текущего контроля	Промежуточной аттестации

<p>ОПК-5: Способен разрабатывать аналитические и численные методы при создании математических моделей машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов.</p>	<p>ИОПК-5.1. Применяет методы и программно-технические средства выполнения расчетов при проектировании. ИОПК-5.2. Формулирует и обосновывает упрощающие допущения при постановке задач моделирования. ИОПК-5.3. Формирует алгоритмы решения стандартных профессиональных задач. ИОПК-5.4. Составляет математическое описание основных технологических процессов и оборудования.</p>	<p>Знать: методы решения математических моделей технологического оборудования;</p>	<p>Уметь: выбирать аналитические и численные методы при разработке математических моделей машин и аппаратов, работать на современных персональных ЭВМ и периферийных устройствах в качестве пользователя. Пользоваться комплексом программных средств для расчета и проектирования технологических объектов;</p>	<p>Владеть: навыками выполнения технологических, конструктивных и прочностных расчетов машин и аппаратов, современными методами расчета оборудования объектов в автоматизированном режиме.</p>	<p>Собеседование</p>	<p>Вопросы для устного собеседования: билеты (20 билетов)</p>
<p>ОПК-6: Способен использовать современные информационно-коммуникационные технологии, глобальные информационные ресурсы в научно-исследовательской деятельности</p>	<p>ИОПК-6.1. Знает возможности программного обеспечения и технических средств информационно-коммуникационных систем для организации поиска информации в профессиональной сфере. ИОПК-6.2. Анализирует эффективность, достоверность и полноту информационных ресурсов при поиске актуальной технической информации. ИОПК-6.3. Осуществляет поиск и проверку новых технических решений на основе подбора и изучения информации, размещенной в глобальных информационных ресурсах. ИОПК-6.4.</p>	<p>Знать: структуру автоматизированного рабочего места инженера, структуру программного обеспечения, типовые пакеты прикладных программ для решения инженерных задач</p>	<p>Уметь: получать и обрабатывать информацию с использованием современных информационных технологий, применять прикладные программные средства общего и специального назначения для выполнения расчетов машин и аппаратов с использованием персональных компьютеров, в том числе в режиме удаленного доступа, работать на современных персональных ЭВМ и периферийных устройствах в качестве пользователя, пользоваться комплексом программных</p>	<p>Владеть: навыками выполнения технологических, конструктивных и прочностных расчетов машин и аппаратов, навыками пользования технической, справочной и патентной литературой и нормативной технической документацией, а также базами данных информационно-справочных и поисковых систем, современными методами расчета оборудования объектов в автоматизированном режиме.</p>	<p>Собеседование</p>	<p>Вопросы для устного собеседования: билеты (20 билетов)</p>

	Использует информационно-коммуникационные и цифровые технологии в научно-исследовательской деятельности		средств для расчета и проектирования технологических объектов			
ОПК-13: Способен разрабатывать и применять современные цифровые программы проектирования технологических машин и оборудования, алгоритмы моделирования их работы и испытания их работоспособности.	ИОПК-13.1. Анализирует цифровые программы и алгоритмы для создания и оценки работоспособности технологических машин и оборудования ИОПК-13.2. Разрабатывает алгоритмы моделирования работы технологического оборудования ИОПК-13.3. Выполняет критический анализ результатов, полученных на основе машинных расчетов	Знать: основные классы технологических машин и оборудования и уравнения, описывающие типовые процессы, виды гидродинамических моделей, виды расчетов, структуру программного обеспечения, типовые пакеты прикладных программ для решения инженерных задач	Уметь: разрабатывать методики и алгоритмы моделирования технологических машин и оборудования и уметь испытывать их работоспособность.	Владеть: навыками выполнения технологических, конструктивных и прочностных расчетов машин и аппаратов, современными методами расчета оборудования объектов в автоматизированном режиме.	Собеседование	Вопросы для устного собеседования: билеты (20 билетов)

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 5 зач.ед. 180 часов, распределение часов по видам работ семестрам представлено в таблице 3.

Формат изучения дисциплины: с использованием элементов электронного обучения.

Таблица 3 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам для студентов очной формы обучения

Вид учебной работы		Всего часов	Семестры
			3
1. Контактная работа обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) (всего), в том числе:		74	74
1.1. Аудиторные занятия (всего)		68	68
в том числе:	- лекции (Л)	34	34
	- лабораторные работы (ЛР)		
	- практические занятия (ПЗ)	34	34
	- практикумы (П)		
1.2. Внеаудиторные занятия (всего), в том числе:		6	6
групповые консультации по дисциплине		4	4
групповые консультации по промежуточной аттестации (экзамен)		2	2
индивидуальная работа преподавателя с обучающимся: - по проектированию: проект (работа) - по выполнению РГР, реферат, КР			
2. Самостоятельная работа студента (СРС) (всего)		70	70
Вид промежуточной аттестации (зачет/ экзамен)		Экзамен 36	Экзамен 36
Общая трудоемкость, часы/зачетные единицы		180/5	180/5

Таблица 4 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам для студентов очно-заочной формы обучения

Вид учебной работы		Всего часов	Курс 2
1. Контактная работа обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) (всего), в том числе:		74	74
1.1. Аудиторные занятия (всего)		68	68
в том числе:	34	34	
	34	34	
1.2. Внеаудиторные занятия (всего)		6	6
групповые консультации по дисциплине		4	4
групповые консультации по промежуточной аттестации (экзамен)		2	2
индивидуальная работа преподавателя с обучающимся: - по проектированию: работа - по выполнению работ РГР, реферат, КР			
2. Самостоятельная работа студента (СРС) (всего)		70	70
Вид промежуточной аттестации (зачет/экзамен)		Экзамен 36	Экзамен 36
Общая трудоемкость, ч./ зачетные единицы		180/5	180/5

4.2. Содержание дисциплины, структурированное по темам

Содержание дисциплины, структурированное по темам, приведено в таблицах 5 и 6.

Таблица 5 - Содержание дисциплины, структурированное по темам, для студентов очной формы обучения

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: кодУК;ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах)	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
3 семестр									
ОПК-5, <i>ИОПК-5.1;</i> <i>ИОПК-5.2;</i> <i>ИОПК-5.3;</i> <i>ИОПК-5.4</i>	Математическое моделирование и оптимизация технологических процессов								Конспект лекций
	<u>Тема 1</u> Основы теории моделирования и оптимизации технологических процессов и систем	3			4	подготовка к лекциям, выполнение заданий для самостоятельной работы. (6.1.1, 6-12).	Собеседование		
	<u>Тема 2</u> Методы составления математического описания химико-технологических объектов	3			4	подготовка к лекциям, выполнение заданий для самостоятельной работы. (6.1.1, 12-22).	Собеседование		
	<u>Тема 4</u> Идентификация параметров и установление адекватности моделей	3			4	подготовка к лекциям, выполнение заданий для самостоятельной работы. (6.1.2, 23-	Собеседование		

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах)	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
						56).			
	<u>Тема 5</u> Математическое описание структуры потоков в аппарате как основа построения моделей	8			4	подготовка к лекциям, выполнение заданий для самостоятельной работы. (6.1.1, 57-147).	Собеседование		
	<u>Тема 5.1</u> Практическое занятие 1 Структура потоков и распределение времени пребывания жидкости в аппаратах.			6	6	Отчет о решении контрольного задания. Собеседование. (6.1.1, 57-147).	Собеседование		
	<u>Тема 6</u> Моделирование гидромеханических процессов	4			6	подготовка к лекциям, выполнение заданий для самостоятельной работы. (6.1.1, 148-177).	Собеседование		
	<u>Тема 6.1</u> Практическое занятие 2 Подбор математической модели для расчета физического параметра.			5	6	Отчет о решении контрольного задания. Собеседование (6.1.1, 148-177).	Собеседование		
	<u>Тема 6.2</u> Практическое занятие 3 Моделирование смещения технологических потоков.			5	5	Отчет о решении контрольного задания. Собеседование	Собеседование		

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: кодУК;ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах)	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
						(6.1.1, 148-177).			
	<u>Тема 7</u> Моделирование теплообменных процессов	6			6	подготовка к лекциям, выполнение заданий для самостоятельной работы. (6.1.1, 178-224).	Собеседование.		
	<u>Тема 7.1</u> Практическое занятие 4 Математическое описание статики теплообменного аппарата. Моделирование теплоотдачи.			6	7	Отчет о решении контрольного задания. Собеседование (6.1.1, 178-224).	Собеседование		
	<u>Тема 8</u> Моделирование массообменных процессов	7			6	подготовка к лекциям, выполнение заданий для самостоятельной работы. (6.1.1, 225-366).	Собеседование.		
	<u>Тема 8.1</u> Практическое занятие 5 Составление математического описания равновесного состояния бинарной смеси для процесса ректификации с использованием законов Рауля и Дальтона (для идеальных систем и неидеальных систем).			6	5	Отчет о решении контрольного задания. Собеседование (6.1.1, 225-366).	Собеседование		

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: кодУК;ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах)	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
	Тема 8.2 Практическое занятие 6 Математическое описание процесса поглощения компонента в насадочном абсорбере			6	7	Отчет о решении контрольного задания. Собеседование (6.1.1, 225-366).	Собеседование		
	ИТОГО ЗА СЕМЕСТР	34		34	70				
	ИТОГО по дисциплине	34		34	70				

Таблица 6 - Содержание дисциплины, структурированное по темам для обучающихся очно-заочной формы обучения

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: кодУК;ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах)	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
5 семестр									

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах)	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
ОПК-5, ИОПК-5.1; ИОПК-5.2; ИОПК-5.3; ИОПК-5.4	Математическое моделирование и оптимизация технологических процессов							Конспект лекций	
	<u>Тема 1</u> Основы теории моделирования и оптимизации технологических процессов и систем	3			4	подготовка к лекциям, выполнение заданий для самостоятельной работы. (6.1.1, 6-12).	Собеседование		
	<u>Тема 2</u> Методы составления математического описания химико-технологических объектов	3			4	подготовка к лекциям, выполнение заданий для самостоятельной работы. (6.1.1, 12-22).	Собеседование		
	<u>Тема 4</u> Идентификация параметров и установление адекватности моделей	3			4	подготовка к лекциям, выполнение заданий для самостоятельной работы. (6.1.2, 23-56).	Собеседование		
	<u>Тема 5</u> Математическое описание структуры потоков в аппарате как основа построения моделей	8			4	подготовка к лекциям, выполнение заданий для самостоятельной работы. (6.1.1, 57-147).	Собеседование		

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах)	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
	<u>Тема 5.1</u> Практическое занятие 1 Структура потоков и распределение времени пребывания жидкости в аппаратах.			6	6	Отчет о решении контрольного задания. Собеседование. (6.1.1, 57-147).	Собеседование		
	<u>Тема 6</u> Моделирование гидромеханических процессов	4			6	подготовка к лекциям, выполнение заданий для самостоятельной работы. (6.1.1, 148-177).	Собеседование		
	<u>Тема 6.1</u> Практическое занятие 2 Подбор математической модели для расчета физического параметра.			5	6	Отчет о решении контрольного задания. Собеседование (6.1.1, 148-177).	Собеседование		
	<u>Тема 6.2</u> Практическое занятие 3 Моделирование смещения технологических потоков.			5	5	Отчет о решении контрольного задания. Собеседование (6.1.1, 148-177).	Собеседование		
	<u>Тема 7</u> Моделирование теплообменных процессов	6			6	подготовка к лекциям, выполнение заданий для самостоятельной работы. (6.1.1, 178-224).	Собеседование.		

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: кодУК;ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках Практической подготовки (трудоемкость в часах)	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
	Тема 7.1 Практическое занятие 4 Математическое описание статики теплообменного аппарата. Моделирование теплоотдачи.			6	7	Отчет о решении контрольного задания. Собеседование (6.1.1, 178-224).	Собеседование		
	Тема 8 Моделирование массообменных процессов	7			6	подготовка к лекциям, выполнение заданий для самостоятельной работы. (6.1.1, 225-366).	Собеседование.		
	Тема 8.1 Практическое занятие 5 Составление математического описания равновесного состояния бинарной смеси для процесса ректификации с использованием законов Рауля и Дальтона (для идеальных систем и неидеальных систем).			6	5	Отчет о решении контрольного задания. Собеседование (6.1.1, 225-366).	Собеседование		
	Тема 8.2 Практическое занятие 6 Математическое описание процесса поглощения компонента в насадочном абсорбере			6	7	Отчет о решении контрольного задания. Собеседование (6.1.1, 225-366).	Собеседование		
	ИТОГО ЗА СЕМЕСТР	34		34	70				
	ИТОГО по дисциплине	34		34	70				

5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.

5.1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности

Вопросы для собеседования на практических занятиях.

Пример вопросов для собеседования по теме "Математическое описание структуры потоков в аппарате как основа построения моделей".

1. Методы исследования структуры потоков.
2. Основные характеристики распределения элементов потока по времени.
3. Модели идеального смешения и идеального вытеснения.
4. Диффузионная модель.
5. Ячеечная модель.
6. Ячеечная модель с обратными потоками (рециркуляционная).
7. Комбинированные модели.
8. Оценка структуры потоков в аппарате.

Перечень вопросов к экзамену по дисциплине Б1.Б.13 «Математическое моделирование и оптимизация технологических процессов»

1. Математическое моделирование.
2. Основные виды математических моделей.
3. Физическое описание природы объекта.
4. Составление математического описания объекта.
5. Выбор метода решения и реализация его в виде алгоритма решения и моделирующей программы.
6. Блочный принцип построения математических моделей.
7. Идентификация параметров и установление адекватности моделей.
8. Статистическое оценивание числовых характеристик случайных процессов.
9. Параметрическая идентификация моделей.
10. Проверка адекватности моделей.
11. Математическое описание структуры потоков в аппарате - основа построения моделей.
12. Методы исследования структуры потоков.
13. Основные характеристики распределения элементов потока по времени пребывания в аппарате (моменты функции распределения).
14. Модели идеального смешения и идеального вытеснения.
15. Диффузионная модель.
16. Ячеечная модель.
17. Ячеечная модель с обратными потоками (рециркуляционная).
18. Комбинированные модели.
19. Оценка структуры потоков в аппарате.
20. Моделирование гидромеханических процессов.
21. Описание движения частиц в газе и жидкости.
22. Модель периодического осаждения суспензий.
23. Модель непрерывного осаждения .
24. Периодическое расслаивание неоднородных жидких смесей.
25. Непрерывное расслаивание в аппаратах с горизонтальным течением.
26. Непрерывное расслаивание в аппаратах вертикального типа.
27. Моделирование теплообменных процессов.
28. Конвективный теплообмен.
29. Учет стохастической составляющей при описании процесса теплообмена.

30. Моделирование работы рекуперативных теплообменных аппаратов.
31. Постановка задач «оптимизации теплообменных аппаратов».
32. Диалоговая система оптимизации теплообменника типа "труба в трубе".
- 33.. Моделирование массообменных процессов.
34. Основные этапы составления математического описания процессов.
35. Описание равновесий жидкость - пар (газ) и жидкость - жидкость. Основные типы задач и алгоритмы их решения.
36. Детерминированный и стохастический подходы к описанию массопередачи.
37. Массопередача в системах жидкость - пар (газ) и жидкость - жидкость.
38. Ректификация многокомпонентных смесей.
39. Модели и алгоритмы расчета процесса абсорбции.
40. Экстракция в системе жидкость - жидкость.
41. Сушка твердых сыпучих материалов.
42. Массовая кристаллизация из растворов.

5.2. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания

Для оценки знаний, умений, навыков и формирования компетенции по дисциплине может применяться балльно-рейтинговая/традиционная система контроля и оценки успеваемости обучающихся ¹ очной формы и традиционная система контроля и оценки успеваемости обучающихся заочной формы.

Основные требования балльно-рейтинговой системы по дисциплине и шкала оценивания приведены в таблицах 7 и 8.

Таблица 7

Шкала оценивания	Экзамен
86-100	Отлично
71-85	Хорошо
55-70	Удовлетворительно
0-54	Неудовлетворительно

¹ В зачетную книжку обучающегося выставляется оценка традиционной системы

Таблица 8 - Критерии оценивания результата обучения по дисциплине и шкала оценивания

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Критерии оценивания результатов обучения			
		Оценка «неудовлетворительно» / «не зачтено» 0-54% от тах рейтинговой оценки контроля	Оценка «удовлетворительно» / «зачтено» 55-70% от тах рейтинговой оценки контроля	Оценка «хорошо» / «зачтено» 71-85% от тах рейтинговой оценки контроля	Оценка «отлично» / «зачтено» 86-100% от тах рейтинговой оценки контроля
ОПК-5: Способен разрабатывать аналитические и численные методы при создании математических моделей машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов.	ИОПК-5.1; ИОПК-5.2; ИОПК-5.3; ИОПК-5.4	Изложение учебного материала бессистемное, неполное, не разрабатывать аналитические и численные методы при создании математических моделей машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов.	Фрагментарные, поверхностные знания по аналитическим и численным методам создания математических моделей машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов.	Знает материал на достаточно хорошем уровне; представляет основные задачи в рамках постановки целей и выбора оптимальных способов их достижения	Имеет глубокие знания всего материала структуры дисциплины; освоил новации лекционного курса по сравнению с учебной литературой; изложение полученных знаний полное, системное; допускаются единичные ошибки, самостоятельно исправляемые при собеседовании
ОПК-6: Способен использовать современные информационно-коммуникационные технологии, глобальные информационные ресурсы в научно-исследовательской деятельности	ИОПК-6.1; ИОПК-6.2; ИОПК-6.3; ИОПК-6.4	Изложение учебного материала бессистемное, неполное, не способен использовать современные информационно-коммуникационные технологии, глобальные информационные ресурсы в научно-исследовательской деятельности.	Фрагментарные, поверхностные знания по использованию современных информационно-коммуникационных технологий, глобальных информационных ресурсов в научно-исследовательской деятельности.	Знает материал на достаточно хорошем уровне; представляет основные задачи в рамках постановки целей и выбора оптимальных способов их достижения	Имеет глубокие знания всего материала структуры дисциплины; освоил новации лекционного курса по сравнению с учебной литературой; изложение полученных знаний полное, системное; допускаются единичные ошибки, самостоятельно исправляемые при собеседовании
ОПК-13: Способен разрабатывать и применять современные цифровые	ИОПК-13.1; ИОПК-13.2; ИОПК-13.3	Изложение учебного материала бессистемное, неполное, не способен разрабатывать и применять	Фрагментарные, поверхностные знания по разработке и применению современных цифровых	Знает материал на достаточно хорошем уровне; представляет основные задачи в	Имеет глубокие знания всего материала структуры дисциплины; освоил новации

программы проектирования технологических машин и оборудования, алгоритмы моделирования их работы и испытания их работоспособности.		современные цифровые программы проектирования технологических машин и оборудования, алгоритмы моделирования их работы и испытания их работоспособности.	программ проектирования технологических машин и оборудования, алгоритму моделирования их работы и испытания их работоспособности.	рамках постановки целей и выбора оптимальных способов их достижения	лекционного курса по сравнению с учебной литературой; изложение полученных знаний полное, системное; допускаются единичные ошибки, самостоятельно исправляемые при собеседовании
--	--	---	---	---	--

Таблица 9 Критерии оценивания

Оценка	Критерии оценивания
Высокий уровень «5» (отлично)	оценку «отлично» заслуживает обучающийся, освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал без пробелов; выполнивший все задания, предусмотренные учебным планом на высоком качественном уровне; практические навыки профессионального применения освоенных знаний сформированы.
Средний уровень «4» (хорошо)	оценку «хорошо» заслуживает обучающийся, практически полностью освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не оценены максимальным числом баллов, в основном сформировал практические навыки.
Пороговый уровень «3» (удовлетворительно)	оценку «удовлетворительно» заслуживает обучающийся, частично с пробелами освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, многие учебные задания либо не выполнил, либо они оценены числом баллов близким к минимальному, некоторые практические навыки не сформированы.
Минимальный уровень «2» (неудовлетворительно)	оценку «неудовлетворительно» заслуживает обучающийся, не освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не выполнил, практические навыки не сформированы.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Учебная литература

6.1.1 Кафаров В.В., Глебов М.Б. Математическое моделирование основных процессов химических производств. М., Высшая школа, 1991 - 400с.

Библиотечный фонд укомплектован печатными изданиями из расчета не менее 0,25 экземпляра каждого из изданий, указанных выше на каждого обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих соответствующую дисциплину (модуль).

6.2. Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям

6.2.1 Кафаров, В.В. Методы кибернетики в химии и химической технологии : *учебник для вузов / В. В. Кафаров. - 4-е изд. ; перераб. и доп. - М. : Химия, 1985. - 448с.

6.2.2 Сидягин, А.А. Системы автоматизированного проектирования технологических объектов химических и пищевых производств: учебное пособие для вузов / А. А. Сидягин. - Н.Новгород, 2011. - 172с.

6.2.3 Аттеков, А.В. Методы оптимизации: учебник для вузов / А. В. Аттеков, С. В. Галкин, В. С. Зарубин ; Под ред. В.С. Зарубина, А.П. Крищенко. - 2-е изд. ; стереотип. - М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2003. - 440с. - (Математика в техническом университете. Вып. XIV).

6.2.4 Болмосов, В.И. Реакторы и принципы химической и биотехнологии [Текст и электронные текстовые данные]: учебное пособие для вузов / В. И. Болмосов, В. М. Поляков. - Н.Новгород, 1999. - 212с. : ил. - 24р.

6.2.5. Ахназарова, С.Л. Методы оптимизации эксперимента в химической технологии: учебное пособие для вузов / С. Л. Ахназарова, В. В. Кафаров. - 2-е изд. ; перераб. и доп. - М. : Высшая школа, 1985. - 327с. : ил.

6.2.6. Закгейм, А.Ю. Введение в моделирование химико-технологических процессов: учебное пособие для вузов / А. Ю. Закгейм. - 2-е изд. ; перераб. и доп. - М. : Химия, 1982. - 288с.

6.2.7. Жоров, Ю.М. Моделирование физико-химических процессов нефтепереработки и нефтехимии / Ю. М. Жоров. - М. : Химия, 1978. - 375с.

7. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебный процесс по дисциплине обеспечен необходимым комплектом лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства (состав по дисциплине определен в настоящей РПД и подлежит обновлению при необходимости).

7.1. Перечень информационных справочных систем

Таблица 10. Перечень электронных библиотечных систем

№	Наименование ЭБС	Ссылка к ЭБС
1	Консультант студента	http://www.studentlibrary.ru/
2	Лань	https://e.lanbook.com/
3	Виртуальная книжная полка НТБ НГТУ	http://cdot-nntu.ru/электронная_библиотека
4	Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам"	http://window.edu.ru/

7.2. Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства необходимого для освоения дисциплины

Таблица 11. Программное обеспечение

№ п/п	Программное обеспечение, используемое в университете на договорной основе	Программное обеспечение свободного распространения
1	Microsoft Windows 10 (подписка MSDN 700593597, подписка DreamSparkPremium, 19.06.19)	Adobe Acrobat Reader https://acrobat.adobe.com/ru/acrobat/pdf-reader.html
2	Microsoft VISUAL STUDIO 2008 (подписка MSDN 700593597, подписка DreamSparkPremium, 19.06.19)	Visual Studio Code https://code.visualstudio.com/download
3	Microsoft office 2010 (Лицензия № 49487295 от 19.12.2011)	OpenOffice https://www.openoffice.org/ru/
4	Консультант Плюс	PTC Mathcad Express https://www.mathcad.com/ru

Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

В таблице 12 указан перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем, к которым обеспечен доступ (удаленный доступ). Данный перечень подлежит обновлению в соответствии с требованиями ФГОС ВО.

Таблица 12 - Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

№ п/п	Наименование профессиональной базы данных, информационно-справочной системы	Доступ к ресурсу (удаленный доступ с указанием ссылки/доступ из локальной сети университета)
1	2	3
1	База данных стандартов и регламентов РОССТАНДАРТ	https://www.gost.ru/portal/gost_//home/standarts
2	Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем	https://cyberpedia.su/21x47c0.html
3	Инструменты и веб-ресурсы для веб-разработки – 100+	https://techblog.sdstudio.top/blog/instrumenty-i-veb-resursy-dlia-veb-razrabotki-100-plus
4	Справочная правовая система «КонсультантПлюс»	доступ из локальной сети

8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ

В таблице 13 указан перечень образовательных ресурсов, имеющих формы, адаптированные к ограничениям их здоровья, а также сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования.

Таблица 13 Образовательные ресурсы для инвалидов и лиц с ОВЗ

№	Перечень образовательных ресурсов, приспособленных для использования инвалидами и лицами с ОВЗ	Сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования
1	ЭБС «Консультант студента»	озвучка книг и увеличение шрифта
2	ЭБС «Лань»	специальное мобильное приложение - синтезатор речи, который воспроизводит тексты книг и меню навигации
3	ЭБС "Юрайт"	версия для слабовидящих

Согласно Федеральному Закону об образовании 273-ФЗ от 29.12.2012 г. ст. 79, п.8

"Профессиональное обучение и профессиональное образование обучающихся с ограниченными возможностями здоровья осуществляются на основе образовательных программ, адаптированных при необходимости для обучения указанных обучающихся". АОП разрабатывается по каждой направленности при наличии заявлений от обучающихся, являющихся инвалидами или лицами с ОВЗ и изъявивших желание об обучении по данному типу образовательных программ.

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Учебные аудитории для проведения занятий по дисциплине, оснащены оборудованием и техническими средствами обучения.

В таблице 14 перечислены:

- учебные аудитории для проведения учебных занятий, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения;
- помещения для самостоятельной работы обучающихся, которые должны быть оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ДПИ НГТУ.

Таблица 14 - Оснащенность аудиторий и помещений для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

№	Наименование аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность аудиторий помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
1	3104 Аудитория для лекционных и практических занятий Нижегородская обл., г. Дзержинск, ул. Гайдара, д. 49	Мультимедийное оборудование	
2	1234 Научно-техническая библиотека ДПИ НГТУ, студенческий читальный зал; Нижегородская обл., г. Дзержинск, ул. Гайдара, д. 49	Комплект демонстрационного оборудования: ПК, с выходом на мультимедийный проектор, на базе Intel Pentium G4560 3.5 ГГц, 4 Гб ОЗУ, монитор 20' – 1шт. Мультимедийный проектор Epson- 1 шт; Экран – 1 шт.; Набор учебно-наглядных пособий	<ul style="list-style-type: none"> • Microsoft Windows 10 Домашняя (поставка с ПК) • LibreOffice 6.1.2.1. (свободное ПО) • Foxit Reader (свободное ПО); • 7-zip для Windows (свободное ПО)
3	3205 компьютерный класс - помещение для СРС, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), Нижегородская обл., г. Дзержинск, ул. Гайдара, д. 49	ПК на базе Intel Celeron 2.67 ГГц, 2 Гб ОЗУ, монитор Acer 17' – 12 шт. ПК подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду университета	<ul style="list-style-type: none"> • Microsoft Windows 7 (подписка DreamSpark Premium) • Apache OpenOffice 4.1.8 (свободное ПО); • Mozilla Firefox (свободное ПО); • Adobe Acrobat Reader (свободное ПО); • 7-zip для Windows (свободное ПО); • КонсультантПлюс (ГПД № 0332100025418000079 от 21.12.2018);

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

10.1. Общие методические рекомендации для обучающихся по освоению

дисциплины, образовательные технологии

Дисциплина реализуется посредством проведения контактной работы с обучающимися (включая проведение текущего контроля успеваемости), самостоятельной работы обучающихся и промежуточной аттестации.

Контактная работа: аудиторная, внеаудиторная, а также проводится в электронной информационно-образовательной среде университета (далее - ЭИОС).

Преподавание дисциплины ведется с применением следующих видов образовательных технологий:

- балльно-рейтинговая технология оценивания;
- текущий контроль знаний в форме собеседования.

При преподавании дисциплины " Математическое моделирование и оптимизация технологических процессов ", используются современные образовательные технологии, позволяющие повысить активность обучающихся при освоении материала курса и предоставить им возможность эффективно реализовать часы самостоятельной работы.

Материалы лекций находятся в свободном доступе в системе MOODLE и могут быть получены до чтения лекций и проработаны обучающимися в ходе самостоятельной работы.

На лекциях, **практических** занятиях реализуются интерактивные технологии, приветствуются вопросы и обсуждения, используется личностно-ориентированный подход, технология работы в малых группах, что позволяет обучающимся проявить себя, получить навыки самостоятельного изучения материала, выровнять уровень знаний в группе.

Все вопросы, возникшие при самостоятельной работе над домашним заданием подробно разбираются на **практических** занятиях и лекциях. Проводятся индивидуальные и групповые консультации с использованием, как встреч с обучающимися, так и современных информационных технологий (электронная почта).

Иницируется активность обучающихся, поощряется задание любых вопросов по материалу, практикуется индивидуальный ответ на вопросы обучающегося, рекомендуются методы успешного самостоятельного усвоения материала в зависимости от уровня его базовой подготовки.

Для оценки знаний, умений, навыков и уровня сформированности компетенции применяется балльно-рейтинговая система контроля и оценки успеваемости обучающихся в процессе текущего контроля.

Промежуточная аттестация проводится в форме экзамена с учетом текущей успеваемости.

Результат обучения считается сформированным на повышенном уровне, если теоретическое содержание курса освоено полностью. При устных собеседованиях обучающийся исчерпывающе, последовательно, четко и логически излагает учебный материал; свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами заданий, использует в ответе дополнительный материал. Все предусмотренные рабочей учебной программой задания выполнены в соответствии с установленными требованиями, обучающийся способен анализировать полученные результаты, проявляет самостоятельность при выполнении заданий.

Результат обучения считается сформированным на пороговом уровне, если теоретическое содержание курса освоено полностью. При устных собеседованиях обучающийся последовательно, четко и логически стройно излагает учебный материал; справляется с задачами, вопросами и другими видами заданий, требующих применения знаний; все предусмотренные рабочей учебной программой задания выполнены в соответствии с установленными требованиями, обучающийся способен анализировать полученные результаты; проявляет самостоятельность при выполнении заданий

Результат обучения считается несформированным, если обучающийся при выполнении заданий не демонстрирует знаний учебного материала, допускает ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет задания, не демонстрирует необходимых умений, качество выполненных заданий не соответствует установленным требованиям,

качество их выполнения оценено числом баллов ниже трех по оценочной системе, что соответствует допороговому уровню.

10.2. Методические указания для занятий лекционного типа

Лекционный курс предполагает систематизированное изложение основных вопросов тематического плана. В ходе лекционных занятий раскрываются базовые вопросы в рамках каждой темы дисциплины (Таблица 6-8). Обозначаются ключевые аспекты тем, а также делаются акценты на наиболее сложные и важные положения изучаемого материала. Материалы лекций являются опорной основой для подготовки обучающихся к практическим занятиям / лабораторным работам и выполнения заданий самостоятельной работы, а также к мероприятиям текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине.

10.3. Методические указания по освоению дисциплины на занятиях семинарского типа

Практические занятия представляют собой детализацию лекционного теоретического материала, проводятся в целях закрепления курса и охватывают все основные разделы. Основной формой проведения практических занятий является обсуждение наиболее проблемных и сложных вопросов по отдельным темам, а также решение задач и разбор примеров и ситуаций в аудиторных условиях.

Практические занятия обучающихся обеспечивают:

- проверку и уточнение знаний, полученных на лекциях;
- получение умений и навыков расчета технологических процессов, обсуждения вопросов по учебному материалу дисциплины;
- подведение итогов занятий по рейтинговой системе, согласно технологической карте дисциплины.

Примерная тематика практических занятий:

- Структура потоков и распределение времени пребывания жидкости в аппаратах.
- Подбор математической модели для расчета физического параметра.
- Моделирование смещения технологических потоков.
- Математическое описание статики теплообменного аппарата.
- Моделирование теплоотдачи.
- Составление математического описания равновесного состояния бинарной смеси.
- Математическое описание процесса поглощения компонента в насадочном абсорбере.

10.4. Методические указания по самостоятельной работе обучающихся

Самостоятельная работа обеспечивает подготовку обучающихся к аудиторным занятиям и мероприятиям текущего контроля и промежуточной аттестации по изучаемой дисциплине. Результаты этой подготовки проявляются в активности обучающихся на занятиях и в качестве выполненных практических заданий и других форм текущего контроля.

При выполнении заданий для самостоятельной работы рекомендуется проработка материалов лекций по каждой пройденной теме, а также изучение рекомендуемой литературы, представленной в Разделе 6.

В процессе самостоятельной работы при изучении дисциплины обучающиеся могут работать на компьютере в специализированных аудиториях для самостоятельной работы (указано в таблице 16). В аудиториях имеется доступ через информационно-телекоммуникационную сеть «Интернет» к электронной информационно-образовательной среде университета (ЭИОС) и электронной библиотечной системе (ЭБС), где в электронном виде располагаются учебные и учебно-методические материалы, которые могут быть использованы для самостоятельной работы при изучении дисциплины.

10.5. Методические указания для выполнения контрольных заданий

Контрольные работы представляют собой детализацию лекционного теоретического материала, проводятся в целях закрепления курса и охватывают все основные разделы. Основной формой выполнения контрольных работ является самостоятельная работа студента с последующим обсуждением наиболее проблемных и сложных вопросов по отдельным темам, а также разбор примеров и ситуаций в аудиторных условиях.

Выполнение контрольных заданий обучающимися обеспечивает:

- проверку и уточнение знаний, полученных на лекциях;
- получение умений и навыков расчетов технологических процессов, получение умения обсуждения вопросов по учебному материалу дисциплины;
- подведение итогов занятий по рейтинговой системе, согласно технологической карте дисциплины.

11. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

11.1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта в ходе текущего контроля успеваемости

Для текущего контроля знаний обучающихся по дисциплине проводится комплексная оценка знаний, включающая

- проведение практических занятий;
- собеседование по различным разделам курса;
- выполнение заданий для самостоятельной работы.

11.1.1. Типовые задания к практическим занятиям

Типовые задания для практических занятий приведены в учебной литературе в разделе 6.1.

11.1.2. Типовые задания для самостоятельной работы

1. Составить математическую модель учитывающую влияние температуры на кинематическую вязкость технологической среды.
2. Составить математическую модель, определяющую материальный баланс смешения технологических потоков.
3. Составить математическую модель, определяющую тепловой баланс смешения технологических потоков.
4. Составить математическую модель противоточного теплообменного аппарата.
5. Составить математическую модель прямоточного теплообменного аппарата.
6. Составить математическую модель процесса сушки материала в прямоточном аппарате.

11.1.3. Типовые задания для контрольной работы

1. Через технологический аппарат высотой H (м), внутренним диаметром D (м) и коэффициентом заполнения внутренними контактными устройствами $\varphi = 0,7$, протекает жидкость с объемным расходом Q (м³/ч).

На вход аппарата подается трассирующее вещество в виде δ - функции. Дифференциальная функция распределения времени пребывания представлена в таблице.

Подобрать математическую модель структуры гидродинамического потока в аппарате.

2. На вход смесителя подаются два потока с массовыми расходами G_1 и G_2 , и температурами t_1 и t_2 соответственно.

Требуется определить температуру потока $t_{см}$ на выходе из смесителя.

Для выполнения поставленной задачи необходимо:

- Составить математическую модель процесса смешения потоков в смесителе;
- Составить блок-схему расчета;
- Составить расчетную программу используя электронные таблицы Excel;
- Выполнить расчет температуры потока на выходе из смесителя.

3. Подобрать наиболее адекватную математическую модель зависимости физического параметра газа от температуры.

Исходные данные к контрольной работе (задаче)

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ										
АЗОТ	Физический параметр			Обозначение				Единицы измерения		
	температура			t				град °С		
	удельная теплоемкость			с _р				ккал/кг·град		
	динамическая вязкость			μ				сП		
	теплопроводность			λ				ккал/м·ч·град		
	t	0	100	200	300	400	500	600	700	800
с _р	0,248	0,249	0,251	0,255	0,261	0,266	0,272	0,277	0,282	
μ	0,0166	0,0208	0,0246	0,028	0,0311	0,0339	0,0366	0,039	0,0413	
λ	0,0209	0,0271	0,331	0,0386	0,0436	0,048	0,0519	0,0552	0,058	

11.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта в ходе промежуточной аттестации по дисциплине

Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине: экзамен по результатам накопительного рейтинга или в форме собеседования.

Перечень вопросов и заданий для подготовки к экзамену (ОПК-5; ОПК-6; ОПК-13) приведен в п.5.1.