

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович  
Должность: Проректор по учебной и методической работе  
Дата подписания: 15.10.2024 13:21:08  
Уникальный программный ключ:  
3b89716a1076b80b2c167df0f27c09d01782ba84



**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Санкт-Петербургский государственный технологический институт  
(технический университет)»

**УТВЕРЖДАЮ**  
Проректор по учебной  
и методической работе  
\_\_\_\_\_ Б.В.Пекаревский  
«17» июня 2021 г.

**Рабочая программа дисциплины**  
**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ И СИСТЕМ**  
Направление подготовки

**15.04.02 Технологические машины и оборудование**

Направленность программы бакалавриата  
**Интенсификация процессов и энергосберегающее технологическое оборудование**

Квалификация

**Магистр**

Форма обучения

**Очная**

**Факультет механический**

Кафедра **оптимизации химической и биотехнологической аппаратуры**

Санкт-Петербург

2021 г.

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Должность разработчика	Подпись	Ученое звание, фамилия, инициалы
Старший преподаватель		Светлов С.Д.

Рабочая программа дисциплины «Математическое моделирование процессов и систем»  
обсуждена на заседании кафедры оптимизации химической и биотехнологической  
аппаратуры

протокол от «09» июня 2021 № 13

Заведующий кафедрой

Р.Ш. Абиев

Одобрено учебно-методической комиссией механического факультета

протокол от «11» июня 2021 № 9

Председатель

А.Н.Луцко

## СОГЛАСОВАНО

Руководитель направления подготовки «Технологические машины и оборудование»		А.Н. Луцко
Директор библиотеки		Т.Н. Старостенко
Начальник методического отдела учебно-методического управления		Т.И. Богданова
Начальник учебно-методического управления		С.Н. Денисенко

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы .....	04
2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы.....	06
3. Объем дисциплины .....	06
4. Содержание дисциплины	
4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.....	06
4.2. Занятия лекционного типа.....	07
4.3. Занятия семинарского типа.....	08
4.3.1. Семинары, практические занятия .....	08
4.3.2. Лабораторные занятия.....	08
4.4. Самостоятельная работа.....	08
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине .....	09
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.....	09
7. Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины .....	09
8. Перечень электронных образовательных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины.....	09
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.....	09
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине	
10.1. Информационные технологии.....	10
10.2. Программное обеспечение.....	10
10.3. Базы данных и информационные справочные системы.....	10
11. Материально-техническое обеспечение освоения дисциплины в ходе реализации образовательной программы .....	10
12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья .....	10

Приложения: 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.

**1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.**

В результате освоения образовательной программы магистратуры обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

<p><b>ПК-3</b> Автоматическое проектирование и контроль технологических процессов изготовления машиностроительных изделий высокой сложности и управление ими</p>	<p><b>ПК-3.7</b> Способен разрабатывать математические модели исследуемых машин, систем, процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере</p>	<p><b>Знать:</b> основные этапы построения решения в готовых программных пакетах</p> <p><b>Уметь:</b> решать и анализировать полученные решения задач гидродинамики и теплообмена в готовых программных пакетах</p> <p><b>Владеть:</b> методами моделирования процессов гидродинамики и теплообмена в готовых программных пакетах</p>
--	--	---

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.

Дисциплина относится к дисциплинам по выбору части формируемой участниками образовательных отношений (Б1.В.ДВ.02.01) и изучается на 1 курсе во 2 семестре.

В методическом плане дисциплина опирается на элементы компетенций, сформированные при изучении дисциплин «Современные технологии машиностроительных производств». Полученные в процессе изучения дисциплины «Математическое моделирование процессов и систем» знания, умения и навыки могут быть использованы при прохождении производственной практики, а также при выполнении выпускной квалификационной работы.

## 3. Объем дисциплины.

Вид учебной работы	Всего, ЗЕ/академ. часов
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b> (зачетных единиц/ академических часов)	<b>6/ 216</b>
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	<b>78</b>
занятия лекционного типа	32
занятия семинарского типа, в т.ч.	32
семинары, практические занятия (в том числе практическая подготовка)*	32(8)
лабораторные работы (в том числе практическая подготовка)	-
курсовое проектирование (КР или КП)	-
КСР	14
другие виды контактной работы	-
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>111</b>
<b>Форма текущего контроля</b> (Кр, реферат, РГР, эссе)	РГР
<b>Форма промежуточной аттестации</b> (КР, КП, зачет, экзамен)	<b>Экзамен (27)</b>

#### 4. Содержание дисциплины.

##### 4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Занятия лекционного типа, академ. часы	Занятия семинарского типа, академ. часы		Самостоятельная работа, академ. часы	Формируемые компетенции	Формируемые индикаторы
			Семинары и/или практические занятия	Лабораторные работы			
1.	Раздел 1. Теоретические основы численного эксперимента в процессах и аппаратах химических технологий	16	16	-	55	<b>ПК-3</b>	<b>ПК-3.9</b>
2.	Раздел 2. Компьютерные системы решения трёхмерных задач гидродинамики, процессов теплопереноса	16	16	-	56	<b>ПК-3</b>	<b>ПК-3.9</b>

##### 4.2. Занятия лекционного типа.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, академ. часы	Инновационная форма
1	Физические и математические модели явлений переноса в задачах гидродинамики, тепло- и массопереноса. Полуэмпирические модели	8	ЛВ <sup>1</sup>
1	Виды граничных условий при моделировании трёхмерных задач. Сопряжение граничных условий при совместном решении задач гидродинамики, процессов тепло- и массопереноса	8	ЛВ

<sup>1</sup> **Примеры образовательных технологий, способов и методов обучения** (с сокращениями): традиционная лекция (Л), лекция-визуализация (ЛВ), проблемная лекция (ПЛ), лекция – пресс-конференция (ЛПК), занятие – конференция (ЗК), тренинг (Т), дебаты (Д), мозговой штурм (МШ), мастер-класс (МК), «круглый стол» (КрСт), активизация творческой деятельности (АТД), регламентированная дискуссия (РД), дискуссия типа форум (Ф), деловая и ролевая учебная игра (ДИ, РИ), метод малых групп (МГ), занятия с использованием тренажёров, имитаторов (Тр), компьютерная симуляция (КтСм), использование компьютерных обучающих программ (КОП), интерактивных атласов (ИА), посещение врачебных конференции, консилиумов (ВК), участие в научно-практических конференциях (НПК), съездах, симпозиумах (Сим), учебно-исследовательская работа студента (УИРС), проведение предметных олимпиад (О), подготовка письменных аналитических работ (АР), подготовка и защита рефератов (Р), проектная технология (ПТ), экскурсии (Э), дистанционные образовательные технологии (ДОТ).

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
2	Введение в системы автоматизированного проектирования. Программные комплексы численного моделирования в области	3	ЛВ
2	Основные составляющие части программных комплексов численного моделирования и их назначение - препроцессор, блок расчета уравнений, постпроцессор.	3	ЛВ
2	Построение геометрической основы задачи — расчетной области. Требования к расчетной области, приемы и методы построения геометрической модели в САД-системах. Основные этапы решения вычислительной задачи. Задание области расчета. Задание математической модели. Задание граничных условий.	3	ЛВ, КОП
2	Генерация расчетной сетки. Задание параметров метода численного моделирования	3	ЛВ, КОП
2	Установка характеристик визуализации. Оценка точности расчетов. Представление результатов и подготовка отчета.	2	ЛВ, КОП
2	Особенности решения сопряженных задач гидродинамики и тепло- и массопереноса	2	ЛВ, КОП

#### 4.3. Занятия семинарского типа.

\*Графа «в том числе на практическую подготовку» заполняется только для дисциплин с ПК .

##### 4.3.1. Семинары, практические занятия.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы		Инновационная форма
		всего	в том числе на практическую подготовку*	
1	Физические и математические модели явлений переноса в задачах гидродинамики, тепло- и массопереноса. Основы метода конечных элементов	8	2	КОП
2	Задание математической модели. Задание граничных условий.	8	2	КОП

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы		Инновационная форма
		всего	в том числе на практическую подготовку*	
2	Генерация расчетной сетки. Задание параметров метода численного моделирования	8	2	КОП
2	Установка характеристик визуализации	8	2	КОП

#### 4.4. Самостоятельная работа обучающихся.

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
1	Виды граничных условий при моделировании трёхмерных задач	55	РГР №1
2	Импорт модели в программный комплекс	20	РГР №1
2	Проведение численного эксперимента. Обработка и анализ результатов. Оформление отчета	36	Устный опрос

#### 4.5 Темы РГР и индивидуального задания

**РГР** – Расчет гидродинамических характеристик простой конструкции

#### 5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.

Методические указания для обучающихся по организации самостоятельной работы по дисциплине, включая перечень тем самостоятельной работы, формы текущего контроля по дисциплине и требования к их выполнению размещены в электронной информационно-образовательной среде СПбГТИ(ТУ) на сайте: <https://media.technolog.edu.ru>

#### 6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме экзамена.

Экзамен предусматривают выборочную проверку освоения предусмотренных элементов компетенций и комплектуются вопросами (заданиями) двух видов: теоретический вопрос (для проверки знаний) и комплексная задача (для проверки умений и навыков).

При сдаче экзамена студент получает три вопроса из перечня вопросов, время подготовки студента к устному ответу - до 45 мин.

Пример варианта вопросов на экзамене:



### Вариант № 1

1. Основные этапы решения вычислительной задачи
2. Виды граничных условий для моделей ламинарного течения несжимаемой жидкости
3. Задание граничных условий в расчетной области (практическое задание).

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в Приложении № 1

Результаты освоения дисциплины считаются достигнутыми, если для всех элементов компетенций достигнут пороговый уровень освоения компетенции на данном этапе – оценка «удовлетворительно»<sup>2</sup>.

### 7. Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины

#### а) печатные издания:

- 1) Абиев, Руфат Шовкетович. Вычислительная гидродинамика и теплообмен [Текст] : введение в метод конечных разностей: Учебное пособие для вузов по спец. Машины и аппараты химических производств / Р. Ш. Абиев. - СПб. : [б. и.], 2002. - 576 с. : ил.
- 2) Новый справочник химика и технолога. Процессы и аппараты химических технологий. Ч.1 – СПб.: АНО НПО «Профессионал», 2004.- 848 с., илл.

#### б) электронные учебные издания<sup>3</sup>:

- 3) FlowVision. Версия 2.5.04 Примеры решения типовых задач. М: ООО «Тесис», 2012 – 207 с. (электронная версия в формате pdf)
- 4) Система моделирования движения жидкости и газа FlowVision. Версия 2.5.04 Руководство пользователя. М: ООО «Тесис», 2011 – 317 с. (электронная версия в формате pdf).
- 5) Применение пакетов прикладных программ при изучении курсов механики жидкости и газа: Учебное пособие / Кондранин Т.В., Ткаченко Б.К., Березникова М.В. и др.-М.:МФТИ, 2005.-104 с. (электронная версия в формате pdf)

### 8. Перечень электронных образовательных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины.

<https://www.procae.ru/examples.html>

<https://www.cadfem-cis.ru/products/ansys/fluids/cfx/>

<https://www.comsol.ru/models>

<https://flowvision.ru/ru/support-menu-header-ru/blog-ru/>

### 9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

Все виды занятий по дисциплине «Математическое моделирование процессов и систем» проводятся в соответствии с требованиями следующих СТП:

СТП СПбГТИ 040-02. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Лекция. Общие требования;

<sup>2</sup> Для промежуточной аттестации в форме зачёта – «зачёт».

<sup>3</sup> В т.ч. и методические пособия

СТО СПбГТИ 018-2014. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Семинары и практические занятия. Общие требования к организации и проведению.

СТП СПбГТИ 048-2009. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Самостоятельная планируемая работа студентов. Общие требования к организации и проведению.

Планирование времени, необходимого на изучение данной дисциплины, лучше всего осуществлять на весь семестр, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала.

Основными условиями правильной организации учебного процесса для студентов является:

- плановость в организации учебной работы;
- серьезное отношение к изучению материала;
- постоянный самоконтроль.

На занятия студент должен приходиться, имея знания по уже изученному материалу.

## **10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.**

### **10.1. Информационные технологии.**

В учебном процессе по данной дисциплине предусмотрено использование информационных технологий:

- чтение лекций с использованием слайд-презентаций;
- взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС.

### **10.2. Программное обеспечение<sup>4</sup>.**

- Microsoft Office (Microsoft Excel);
- САПР Компас 3D
- Программный комплекс FlowVision.
- MathCad.

### **10.3. Базы данных и информационные справочные системы.**

- Справочно-поисковая система «Консультант-Плюс»

## **11. Материально-техническое обеспечение освоения дисциплины в ходе реализации образовательной программы<sup>5</sup>.**

Специализированная мебель (15 посадочных мест), демонстрационный экран, видеопроекционная система, пластиковая доска; компьютер с выходом в Интернет

## **12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья.**

Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями учебные процесс осуществляется в соответствии с Положением об организации учебного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья СПбГТИ(ТУ), утвержденным ректором 28.08.2014.

---

<sup>4</sup> В разделе отображаются комплекты лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства, необходимого для обеспечения дисциплины

<sup>5</sup> В разделе отображается состав помещений, которые представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой по дисциплине, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения.

**Фонд оценочных средств  
для проведения промежуточной аттестации по  
дисциплине «Математическое моделирование процессов и систем»**

**1. Перечень компетенций и этапов их формирования.**

Индекс компетенции	Содержание <sup>6</sup>	Этап формирования <sup>7</sup>
<b>ПК-3</b>	<b>Автоматическое проектирование и контроль технологических процессов изготовления машиностроительных изделий высокой сложности и управление ими</b>	промежуточный

<sup>6</sup> **Жирным шрифтом** выделяется та часть компетенции, которая формируется в ходе изучения данной дисциплины (если компетенция осваивается полностью, то фрагменты не выделяются).

<sup>7</sup> Этап формирования компетенции выбирается по п. 2 РПД и учебному плану (начальный – если нет предшествующих дисциплин, итоговый – если нет последующих дисциплин (или компетенция не формируется в ходе практики или ГИА), промежуточный - все другие)

## 2. Показатели и критерии оценивания компетенций на различных этапах их формирования, шкала оценивания

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
ПК-3.7 Способен разрабатывать математические модели исследуемых машин, систем, процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере	<b>Знает</b> основные типы дифференциальных уравнений, используемых в вычислительной гидродинамике, основные типы граничных условий	Правильные ответы на вопросы №1-11 к экзамену	Путается в физическом смысле дифференциальных уравнений и их слагаемых, основные типы граничных условий	Перечисляет уравнения, их физический смысл и физический смысл их слагаемых, основные типы граничных условий. Объясняет их различия и условия применения	Уверенно и без ошибок перечисляет дифференциальные уравнения, их физический смысл, определяет их тип Хорошо разбирается в основные типы граничных условий. Приводит примеры применения граничных условий
	<b>Владеет</b> САЕ системами для расчетов задач гидродинамики и тепло-массопереноса	Правильные ответы на вопросы № 12-20 к экзамену	Неуверенно владеет функциями современных САЕ систем	Владеет методами построения моделей и решения в современных САЕ системах	Уверенно владеет методами построения моделей и решения в современных САЕ системах
	<b>Умеет</b> решать задачи гидродинамики и тепло-массообмена с использованием САЕ систем	Правильные ответы на вопросы № 21-26 к экзамену	Неуверенно строит решение, не знает основные этапы построения модели и настройки решения	Строит решение, знает основные этапы построения модели, путается в настройках решателя	Уверенно строит решение задачи в САЕ системах, использует весь спектр настроек для получения точных решений

### **3. Типовые контрольные задания для проведения промежуточной аттестации а) Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента**

#### **по компетенции ПК-3:**

1. Записать уравнение Лапласа в декартовых координатах. Объяснить физический смысл всех слагаемых.
2. Записать уравнение Пуассона в декартовых координатах. Объяснить физический смысл всех слагаемых.
3. Записать уравнение нестационарной теплопроводности в декартовых координатах. Объяснить физический смысл всех слагаемых.
4. Записать уравнение нестационарной диффузии в декартовых координатах. Объяснить физический смысл всех слагаемых.
5. Записать уравнение Фурье-Кирхгофа (нестационарной молекулярной и конвективной теплопроводности) в декартовых координатах. Объяснить физический смысл всех слагаемых.
6. Сформулировать понятие задачи Коши. Привести пример.
7. Что такое граничные условия первого рода? Привести пример постановки первой краевой задачи.
8. Что такое граничные условия второго рода? Привести пример постановки второй краевой задачи.
9. Что такое граничные условия третьего рода? Привести пример постановки третьей краевой задачи.
10. Что такое граничные условия четвертого рода? Привести пример постановки соответствующей краевой задачи.
11. Смысл понятия "погрешность аппроксимации".
12. Назначение и общая характеристика вычислительных возможностей пакетов прикладных программ для моделирования механики жидкости и газа (на примере FlowVision)
13. Понятие математической модели процесса. Виды моделей в пакете FlowVision.
14. Основные этапы решения вычислительной задачи
15. Построение геометрической модели рабочей области. Требования к геометрической модели.
16. Виды граничных условий для моделей ламинарного течения несжимаемой жидкости
17. Виды граничных условий для моделей турбулентного течения несжимаемой жидкости.
18. Виды граничных условий для течений сжимаемого газа.
19. Виды граничных условий для моделей теплообмена и массообмена.
20. Связывание граничных условий для сопряженных задач гидродинамики и теплообмена.
21. Построение расчетной сетки. Требования к расчетной сетке.
22. Визуализация скалярных переменных. Метод заливки, двумерный график, построение изоповерхности.
23. Визуализация векторных величин. Слои визуализации с анимацией.
24. Анализ численного решения, оценка погрешностей.
25. Специальные модели FlowVision – модель зазора
26. Специальные модели FlowVision – модель пористого тела.

При сдаче экзамена, студент получает три вопроса из перечня, приведенного выше. Время подготовки студента к устному ответу на вопросы - до 45 мин.

#### **4. Методические материалы для определения процедур оценивания знаний, умений и навыков, характеризующих этапы формирования компетенций.**

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в соответствии с требованиями СПб ГТИ(ТУ) 016-2015. КС УКДВ Порядок проведения зачетов и экзаменов.

По дисциплине промежуточная аттестация проводится в форме экзамена.