

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ  
Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

ФАКУЛЬТЕТ НАНО- И БИМЕДИЦИНСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ



С.Б. Вениг

2019 г.

**Рабочая программа дисциплины**

**Моделирование производственных и технологических процессов и систем**



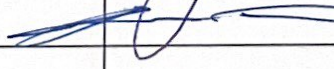
Направление подготовки бакалавриата  
**27.03.02 Управление качеством**

Профиль подготовки бакалавриата  
**"Системы менеджмента качества инновационных организаций"**

Квалификация (степень) выпускника  
**Бакалавр**

Форма обучения  
**заочная**

Саратов,  
2019

Статус	ФИО	Подпись	Дата
Преподаватель-разработчик	Симаков Вячеслав Владимирович		30.08.19
Председатель НМК	Михайлов Александр Иванович		30.08.19
Заведующий кафедрой	Вениг Сергей Борисович		30.08.19
Специалист Учебного управления			

## 1. Цели освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины «Моделирование производственных и технологических процессов и систем» является формирование у студентов комплекса общекультурных и профессиональных знаний и умений в области моделирования производственных процессов и систем при решении задач в сфере профессиональной деятельности.

Задачами освоения дисциплины являются:

- освоение классификации математических моделей технологических процессов, применяемых в производстве материалов;
- формирование и углубление знаний о задачах своей профессиональной деятельности, их характеристики (модели), характеристики методов, средств, технологий, алгоритмов решения этих задач;
- формирование умений идентифицировать основные процессы и участвовать в разработке их рабочих моделей, пользоваться системами моделей объектов (процессов) деятельности, выбирать (строить) адекватные объекту модели, корректно формулировать задачи (проблемы) своей деятельности (проекта, исследования), устанавливать их взаимосвязи, строить модели систем задач (проблем), анализировать состояние и динамику объектов деятельности с использованием необходимых методов и средств анализа;
- формирование владений методами и навыками решения стандартных задач профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий, применения знаний этапов жизненного цикла изделия, использования основных прикладных программных средств и информационных технологий, применяемых в сфере профессиональной деятельности.

## 2. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина «Моделирование производственных и технологических процессов и систем» относится к базовой части блока 1 «Дисциплины (модули)» и изучается студентами заочной формы обучения факультета нано- и биомедицинских технологий СГУ, обучающимися по направлению подготовки 27.03.02 «Управление качеством» (программа подготовки: прикладн. бакалавриат) и профилю «Системы менеджмента качества инновационных организаций», в течение 4 курса.

Материал дисциплины опирается на ранее приобретенные студентами знания по дисциплинам «Математика», «Принципы управления, хранения и переработки данных», «Физические основы измерений», «Принципы построения цифровых вычислительных систем», «Основы автоматизации решения инженерных задач», «Физические основы работы измерительных систем», «Обеспечение надежности процессов и изделий», «Основы квалитметрии», и подготавливает студентов к освоению на том же или на последующих курсах обучения таких дисциплин как «Основы материаловедения», «Статистические методы в управлении качеством», «Всеобщее управление качеством», «Средства и методы улучшения качества», «Системы автоматизированного управления процессами» и к преддипломной практике.

## 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

В результате освоения дисциплины «Моделирование производственных и технологических процессов и систем» формируются следующие компетенции: ОПК-3, ОПК-4, ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-13, ПК-14, ПК-15.

ОПК-3 – способность решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности;

ОПК-4 – способность использовать основные прикладные программные средства и информационные технологии, применяемые в сфере профессиональной деятельности;

ПК-1 – способность анализировать состояние и динамику объектов деятельности с использованием необходимых методов и средств анализа;

ПК-2 – способностью применять знание этапов жизненного цикла изделия, продукции или услуги;

ПК-3 – способность применять знание задач своей профессиональной деятельности, их характеристики (модели), характеристики методов, средств, технологий, алгоритмов решения этих задач;

ПК-13 – способностью корректно формулировать задачи (проблемы) своей деятельности (проекта, исследования), устанавливать их взаимосвязи, строить модели систем задач (проблем), анализировать, диагностировать причины появления проблем;

ПК-14 – умением идентифицировать основные процессы и участвовать в разработке их рабочих моделей;

ПК-15 – способностью пользоваться системами моделей объектов (процессов) деятельности, выбирать (строить) адекватные объекту модели.

В результате освоения дисциплины обучающийся студент должен:

- знать задачи своей профессиональной деятельности, их характеристики (модели), характеристики методов, средств, технологий, алгоритмов решения этих задач;
- уметь идентифицировать основные процессы и участвовать в разработке их рабочих моделей, пользоваться системами моделей объектов (процессов) деятельности, выбирать (строить) адекватные объекту модели, корректно формулировать задачи (проблемы) своей деятельности (проекта, исследования), устанавливать их взаимосвязи, строить модели систем задач (проблем), анализировать состояние и динамику объектов деятельности с использованием необходимых методов и средств анализа;
- владеть навыками решения стандартных задач профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий, применения знаний этапов жизненного цикла изделия, использования основных прикладных программных средств и информационных технологий, применяемых в сфере профессиональной деятельности.

#### 4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единицы, 216 часов.

№ п/п	Раздел дисциплины	Се- мestr	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоем- кость (в часах)				Формы текущего контроля успевае- мости (по неделям семестра)	Формы промежу- точной аттестации (по семестрам)
			лек- ши	лабо- ратор- тор- ные	прак- тиче- ские	СРС		
1.	Введение. Математические модели в инженерных дисциплинах.	7				4	устный опрос	
2.	Математическая модель.	7	1	2		4	устный опрос, индивидуальные отчеты по результатам лабораторной работы в письменной форме	
3.	Современные аналитические подходы к моделированию явлений в материалах и технологических процессах.	7			2	6	устный опрос, индивидуальные отчеты по результатам практического задания в письменной форме	

4.	Математические модели систем из типовых элементов.	7	1		2	4	устный опрос, индивидуальные отчеты по результатам практического задания в письменной форме
5.	Нелинейные математические модели макроуровня.	7		2		8	устный опрос, индивидуальные отчеты по результатам лабораторной работы в письменной форме
<b>Итого в 7 семестре</b>			<b>2</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>26</b>	
6.	Линейные математические модели микроуровня.	8	1	2		48	устный опрос, индивидуальные отчеты по результатам лабораторной работы в письменной форме, <b>контрольная работа</b>
7.	Нелинейные модели микроуровня.	8			2	20	устный опрос, индивидуальные отчеты по результатам практического задания в письменной форме
8.	Нелинейные уравнения волновых процессов.	8				33	устный опрос
9.	Имитационное моделирование.	8	1	2		30	устный опрос, индивидуальные отчеты по результатам лабораторной работы в письменной форме
10.	Оптимизация технологических процессов.	8		2		30	устный опрос, индивидуальные отчеты по результатам лабораторной работы в письменной форме
<b>Итого в 8 семестре:</b>			<b>2</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	<b>161</b>	<b>Экзамен (9)</b>
<b>Итого: 216 часов</b>			<b>4</b>	<b>10</b>	<b>6</b>	<b>187</b>	<b>Экзамен (9)</b>

#### Содержание дисциплины

1. *Введение.* Роль математического моделирования в технике. Основные этапы математического моделирования. Математические модели в инженерных дисциплинах. Применение моделирования в комплексной оценке при прогнозировании и оптимизации технологических процессов и свойств материалов.

2. *Математическая модель.* Понятие математической модели. Структура математической модели. Свойства математических моделей. Структурные и функциональные модели. Теоретические и эмпирические модели. Особенности функциональных моделей. Иерархия математических моделей и формы их представления. Представление математической модели в безразмерной форме.

3. *Современные аналитические подходы к моделированию явлений в материалах и технологических процессах.* Математические модели простейших типовых элементов. Электрические двухполосники. Простейшие элементы механических систем. Некоторые элементы тепловых систем. Модели элементов гидравлических систем. Особенности пневматических систем. Ламинарное течение вязкой жидкости в трубопроводе. Об адекватности математических моделей типовых элементов

4. *Математические модели систем из типовых элементов.* Дуальные электрические цепи. Двойственность электромеханической аналогии. Математические модели тепловых и гидравлических систем. Формализация построения математической модели сложной системы.
5. *Нелинейные математические модели макроуровня.* Причины возникновения нелинейности. Статические и стационарные модели. Некоторые нестационарные модели. Простейшие динамические модели. Положения равновесия консервативной системы. Фазовый портрет консервативной системы. Математические модели некоторых диссипативных систем. Понятие об автоколебательных системах
6. *Линейные математические модели микроуровня.* Математические модели электростатических полей. Расчет поля электростатического подвеса. Электрическое поле в плазме. Одномерные модели стационарной и нестационарной теплопроводности. Моделирование диффузионных процессов переноса в движущихся средах. Диффузионный процесс в активной среде с размножением. Одномерные модели гидравлических систем. Математическая модель процесса индукционного нагрева.
7. *Нелинейные модели микроуровня.* Нелинейные модели диффузионных процессов переноса. Теория нелинейной теплопроводности. Задача Стефана о фазовом переходе. Распространение тепловых возмущений в нелинейных средах. Нелинейная теплопроводность с объемным поглощением. Уравнения типа реакция - диффузия.
8. *Нелинейные уравнения волновых процессов.* Уравнение Колмогорова - Петровского - Пискунова. Уравнение Бюргера. Уравнение и его многосолитонные решения. Кортевега - де Фриза.
9. *Имитационное моделирование.* Применение имитационного моделирования. Виды имитационного моделирования: агентное моделирование, дискретно-событийное моделирование, системная динамика. Области применения. Системы имитационного моделирования.
10. *Оптимизация технологических процессов.* Понятие об оптимизации. Объект оптимизации. Критерий оптимальности. Этапы решения задачи оптимизации. Виды задач оптимизации технологических процессов и свойств материалов. Аналитические методы оптимизации: линейное и нелинейное программирование.

#### **Перечень лабораторных работ (примерный)**

- 1) Тема «Моделирование диффузионных процессов в твердых телах. Принципы диффузионной модификации свойств материалов»  
Цель работы: приобрести навыки разработки геометрических и функциональных моделей диффузионных процессов в твердых телах и освоить принципы диффузионной модификации свойств материалов; приобрести навыки преобразования функционального представления моделей к виду пригодному для проведения численных экспериментов на ЭВМ; сформировать умения визуализации результаты численных экспериментов.  
Задание: построить геометрическую и аналитическую модели диффузионных процессов в твердых телах; с помощью системы сбора и анализа данных LabVIEW 8.5 провести численные эксперименты и визуализировать их результаты.
  
- 2) Тема «Процесс охлаждения неограниченной пластины с учетом граничных условий первого рода и внутреннего тепловыделения»  
Цель работы: приобрести навыки разработки геометрических и функциональных моделей процесса охлаждения неограниченной пластины с учетом граничных условий первого рода и внутреннего тепловыделения; приобрести навыки расчетов и оптимизации процессов охлаждения твердых тел; приобрести навыки преобразования функционального представления моделей к виду пригодному для проведения численных экспериментов на ЭВМ; сформировать умения визуализации результаты численных экспериментов.  
Задание: построить геометрическую и аналитическую модели процесса охлаждения неограниченной пластины с учетом граничных условий первого рода и внутреннего тепловыделе-

ния; с помощью системы сбора и анализа данных LabVIEW 8.5 провести численные эксперименты и визуализировать результаты расчетов.

3) Тема «Модификация свойств твердых веществ с помощью метода ионной имплантации материалов с последующим температурным отжигом»

Цель работы: приобрести навыки разработки геометрических и функциональных моделей ионной имплантации материалов с последующим температурным отжигом; приобрести навыки преобразования функционального представления моделей к виду пригодному для проведения численных экспериментов на ЭВМ; сформировать умения визуализации результаты численных экспериментов.

Задание: построить геометрическую и аналитическую модели ионной имплантации материалов и последующего температурного отжига модифицированного материала; с помощью системы сбора и анализа данных LabVIEW 8.5 провести численные эксперименты и визуализировать результаты расчетов.

4) Тема «Кинетика процессов кристаллизации твердофазных систем из жидкой фазы»

Цель работы: приобрести навыки разработки геометрических и функциональных моделей процессов кристаллизации твердофазных систем из жидкой фазы; приобрести навыки преобразования функционального представления моделей к виду пригодному для проведения численных экспериментов на ЭВМ; сформировать умения визуализации результаты численных экспериментов.

Задание: построить геометрическую и аналитическую модели процесса кристаллизации твердофазных систем из жидкой фазы; с помощью системы сбора и анализа данных LabVIEW 8.5 провести численные эксперименты и визуализировать результаты расчетов.

5) Тема «Нестационарные диффузионные процессы в многокомпонентных распределенных системах»

Цель работы: приобрести навыки разработки геометрических и функциональных моделей нестационарных диффузионных процессов в многокомпонентных распределенных системах; приобрести навыки преобразования функционального представления моделей к виду пригодному для проведения численных экспериментов на ЭВМ; сформировать умения визуализации результаты численных экспериментов.

Задание: построить геометрическую и аналитическую модели нестационарных диффузионных процессов в многокомпонентных распределенных системах; с помощью системы сбора и анализа данных LabVIEW 8.5 провести численные эксперименты и визуализировать результаты расчетов.

6) Тема «Формирование покрытий с помощью метода осаждения из газовой фазы»

Цель работы: приобрести навыки разработки геометрических и функциональных моделей формирования покрытий с помощью метода осаждения из газовой фазы; приобрести навыки преобразования функционального представления моделей к виду пригодному для проведения численных экспериментов на ЭВМ; сформировать умения визуализации результаты численных экспериментов.

Задание: построить геометрическую и аналитическую модели формирования покрытий с помощью метода осаждения из газовой фазы; с помощью системы сбора и анализа данных LabVIEW 8.5 провести численные эксперименты и визуализировать результаты расчетов.

6) Тема «Волновые процессы в дисперсионных и нелинейных средах»

Цель работы: приобрести навыки разработки геометрических и функциональных моделей волновых процессов в материалах с учетом дисперсионных и нелинейных свойств среды; приобрести навыки преобразования функционального представления моделей к виду пригод-

ному для проведения численных экспериментов на ЭВМ; сформировать умения визуализации результаты численных экспериментов.

**Задание:** построить геометрическую и аналитическую модели волновых процессов в материалах с учетом дисперсионных и нелинейных свойств среды; с помощью системы сбора и анализа данных LabVIEW 8.5 провести численные эксперименты и визуализировать результаты расчетов.

#### **Примерная тематика практических занятий (семинаров)**

1. Процессы массо- и теплопереноса в движущихся средах.
2. Диффузионные процессы в активных средах с размножением.
3. Задача Стефана о фазовых переходах.
4. Нелинейная теплопроводность с объемным поглощением.
5. Уравнения типа реакция - диффузия.
6. Уравнение Колмогорова - Петровского - Пискунова.
7. Градиентные методы оптимизации.

#### **5. Образовательные технологии, применяемые при освоении дисциплины**

При реализации различных видов учебной работы по данной дисциплине (лекции, лабораторные работы, практические занятия, самостоятельная работа) с целью создания условий для самоактуализации и самореализации обучающихся, предоставления возможностей для конструирования собственного знания, используются следующие современные образовательные технологии:

- информационно-коммуникационные технологии;
- проблемное обучение;
- творческие задания;
- дискуссии на заданную тему.

При проведении лекционных занятий используется персональный компьютер, мультимедийный проектор и интерактивный экран. На лекционных занятиях проводятся экспресс-опросы по пройденному материалу и дискуссии на тему, предложенную для самостоятельной проработки. Часть лекций происходит в форме лекции-беседы, позволяющей привлечь внимание студентов к наиболее важным вопросам темы и определяющей темп изложения учебного материала с учетом индивидуальных особенностей студентов.

Методы обучения, применяемые при изучении дисциплины, способствуют закреплению и совершенствованию знаний, овладению умениями и получению навыков решения стандартных задач профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий, использования основных прикладных программных средств и информационных технологий, применяемых в сфере профессиональной деятельности.

Содержание учебного материала диктует выбор методов обучения:

- информационно-развивающие – лекция, объяснение, демонстрация, решение задач, самостоятельная работа с рекомендуемой литературой;
- проблемно-поисковые и исследовательские – самостоятельная проработка предлагаемых проблемных вопросов по дисциплине.

При проведении практических занятий в аудитории, оснащенной мультимедийной техникой (компьютером и интерактивным проектором) излагаются и анализируются творческие задания, синтезируются математические модели производственных процессов и систем при решении задач в сфере профессиональной деятельности.

При проведении лабораторных занятий в компьютерных классах, выполняются численные эксперименты на основе синтезируемых математических моделей на практических занятиях, проводится визуализация результатов численных экспериментов.

Самостоятельная работа студента включает в себя составление и оформление отчетов о выполненных лабораторных работах и практических заданиях в соответствии со стандартом организации.

**Условия обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья:**

- предоставление инвалидам по зрению или слабовидящим возможностей использовать крупноформатные наглядные материалы;
- организация коллективных занятий в студенческих группах с целью оказания помощи в получении информации инвалидам и лицам с ограниченными возможностями по здоровью;
- проведение индивидуальных коррекционных консультаций для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья;
- использование индивидуальных графиков обучения;
- использование дистанционных образовательных технологий.

**6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.**

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

Самостоятельная внеаудиторная работа студентов по дисциплине проводится в течение всего периода изучения дисциплины и заключается в чтении и изучении рекомендованной литературы, подготовки к лекциям, лабораторным и практическим занятиям, в выполнении заданий лектора, работе в компьютерном классе или библиотеке.

В преподавании дисциплины «Моделирование производственных и технологических процессов и систем» используется последовательное изложение теоретического материала лекционного курса с последующим его закреплением на лабораторных и практических занятиях и при самостоятельной работе студентов. Лабораторные и практические занятия необходимо строить на пройденном материале лекционного курса, в котором изложены теоретические аспекты текущего лабораторного или практического занятия, а также на проработке отдельных вопросов при самостоятельной работе студентов. На лабораторных и практических занятиях необходимо путем устного опроса студентов контролировать глубину усвоения теоретических знаний, необходимых для выполнения заданий лабораторного или практического занятия, и использовать программно-вычислительные средства, с помощью которых студенты реализуют математические модели конкретных производственных и технологических процессов и систем.

**Рекомендуется:**

- для качественного усвоения материала лекций разбирать вопросы, изложенные в каждой очередной лекции, до начала следующего лекционного занятия, по непонятым деталям учебного материала консультироваться у лектора, читать соответствующую литературу;
- при подготовке к выполнению и отчетам по лабораторным и практическим работам тщательно изучать описание работы, теоретический материал для выполнения каждой работы, задавать уточняющие вопросы преподавателю или дежурному инженеру, иметь отдельную тетрадь по лабораторному практикуму, для выполнения заданий и оформления отчетов;
- задания, выдаваемые лектором во время лекции на самостоятельное изучение отдельных вопросов, обязательны для выполнения, и качество их выполнения проверяется во время экзамена.

**Вопросы и задания для самоконтроля  
при выполнении самостоятельной работы**

1. Роль математического моделирования в технике. Основные этапы математического моделирования. Математические модели в инженерных дисциплинах.



2. Применение моделирование в комплексной оценки при прогнозировании и оптимизации технологических процессов и свойств материалов.
3. Понятие математической модели. Структура математической модели. Свойства математических моделей.
4. Классификация математических моделей: структурные, функциональные, теоретические и эмпирические модели.
5. Иерархия математических моделей и формы их представления. Представление математической модели в безразмерной форме.
6. Математические модели простейших типовых элементов. Электрические двухполюсники.
7. Простейшие типовые элементы механических систем.
8. Типовые элементы тепловых систем.
9. Модели элементов гидравлических систем.
10. Особенности математических моделей пневматических систем.
11. Ламинарное течение вязкой жидкости в трубопроводе.
12. Математические модели систем из типовых элементов. Двойственность электромеханической аналогии.
13. Математические модели тепловых и гидравлических систем.
14. Методика построения математических моделей сложной системы.
15. Нелинейные математические модели макроуровня и причины возникновения нелинейности.
16. Статические и стационарные модели нелинейные модели макроуровня.
17. Положения равновесия и фазовый портрет консервативной системы.
18. Автоколебательные системы.
19. Представить математическую модель распределения электрического потенциала в заряженном материале в безразмерной форме.
20. Представить уравнение для переноса тепла в твердых телах в безразмерных параметрах.
21. Записать аналогии типовых элементов для электрических, тепловых, гидравлических и механических систем.
22. Рассчитать гидравлическое сопротивление трубопровода эллиптического сечения в условиях ламинарного течения жидкости.
23. Записать основные соотношения модели нагревания круглого тела, которое вращается с постоянной угловой скоростью, в однонаправленном тепловом потоке.
24. Записать уравнения и найти аналитические соотношения модели электростатического подвеса
25. Записать основные уравнения линейной модели теплопроводности материала с объемным поглощением и тепловыделением.

В ходе изучения дисциплины студентами выполняется контрольная работа. При подготовке к контрольной работе необходимо использовать материал прочитанных лекций. При выполнении данной контрольной работы студент должен продемонстрировать знания о механизмах процессов тепло и массопереноса в твердых телах, методах описания явлений фазовых превращений, навыки построения аналитических моделей рассматриваемых явлений и процессов, а также способность анализировать состояние и динамику объектов деятельности с использованием необходимых методов и средств анализа.

#### **Перечень заданий контрольной работы (примерный)**

1. Нагрев бесконечного цилиндра с помощью внешнего излучения
2. Ионная имплантация
3. Остывание бесконечного цилиндра за счет конвекционного теплообмена
4. Теплообмен излучением
5. Диффузия из постоянного источника в тело конечных размеров в поле внешних сил
6. Нагрев шара с помощью внешнего излучения

7. Диффузия в полуограниченное пространство из постоянного источника
8. Кристаллизация из раствора (задача Стефана)
9. Диффузионное легирование с целью создания p-n перехода
10. Диффузия из мгновенного источника в теле конечных размеров
11. Нагревание пластины с помощью движущегося источника
12. Диффузия из постоянного источника в тело конечных размеров
13. Нагревание пластины конечных размеров с помощью конвекции
14. Нагрев пластины за счет внешнего излучения
15. Создание биполярного транзистора с помощью диффузии
16. Диффузия в полуограниченном теле из постоянного источника в поле внешних сил
17. Нагрев бесконечного цилиндра внешним термостатом
18. Нагрев термостатом системы двух тел находящихся в идеальном тепловом контакте
19. Диффузия в поле внешних сил в теле конечных размеров из мгновенного источника
20. Нагрев шара внешним термостатом
21. Остывание шара за счет конвекционного теплообмена
22. Диффузия в неограниченном теле из мгновенного источника в поле внешних сил
23. Остывание бесконечного цилиндра за счет излучения
24. Диффузия в полуограниченном теле из мгновенного источника

**Вопросы для проведения промежуточной аттестации  
по итогам освоения дисциплины (в форме экзамена)**

1. Роль математического моделирования в технике. Основные этапы математического моделирования. Математические модели в инженерных дисциплинах. Применение моделирование в комплексной оценке при прогнозировании и оптимизации технологических процессов и свойств материалов.
2. Понятие математической модели. Структура математической модели. Свойства математических моделей. Структурные и функциональные модели. Теоретические и эмпирические модели. Особенности функциональных моделей. Иерархия математических моделей и формы их представления. Представление математической модели в безразмерной форме.
3. Математические модели простейших типовых элементов. Электрические двухполосники. Простейшие элементы механических систем.
4. Типовые элементы тепловых, гидравлических и пневматических систем. Ламинарное течение вязкой жидкости в трубопроводе. Адекватность математических моделей типовых элементов.
5. Математические модели систем из типовых элементов. Дуальные электрические цепи. Двойственность электромеханической аналогии.
6. Формализация построения математической модели сложной системы. Математические модели тепловых и гидравлических систем.
7. Нелинейные математические модели макроуровня. Причины возникновения нелинейности. Статические и стационарные модели нелинейные модели макроуровня.
8. Положения равновесия консервативной системы. Фазовый портрет консервативной системы. Математические модели некоторых диссипативных систем. Автоколебательные системы.
9. Линейные математические модели микроуровня. Математические модели электростатических полей. Распределение электрического поля электростатического подвес. Электрическое поле в плазме.
10. Одномерные модели стационарной и нестационарной теплопроводности.
11. Моделирование диффузионных процессов переноса в движущихся средах.
12. Диффузионный процесс в активной среде с размножением.
13. Одномерные модели гидравлических систем.
14. Математическая модель процесса индукционного нагрева.

15. Нелинейные модели микроуровня. Нелинейные модели диффузионных процессов переноса.
16. Основы теории нелинейной теплопроводности.
17. Задача Стефана о фазовых переходах.
18. Распространение тепловых возмущений в нелинейных средах. Нелинейная теплопроводность с объемным поглощением.
19. Уравнения типа реакция - диффузия.
20. Нелинейные уравнения волновых процессов. Уравнение Колмогорова - Петровского - Пискунова.
21. Нелинейные уравнения волновых процессов. Уравнение Бюргерса. Уравнение и его многосолитонные решения Кортевега-де Фриза.
22. Имитационное моделирование. Применение имитационного моделирования. Виды имитационного моделирования: агентное моделирование, дискретно-событийное моделирование, системная динамика. Области применения.
23. Оптимизация технологических процессов. Понятие об оптимизации. Объект оптимизации. Критерий оптимальности. Этапы решения задачи оптимизации.
24. Виды задач оптимизации технологических процессов и свойств материалов. Аналитические методы оптимизации: линейное и нелинейное программирование.

### 7. Данные для учета успеваемости студентов в БАРС

Таблица 7.1 – Таблица максимальных баллов по видам учебной деятельности на 4 курсе (в 7 и 8 семестрах)

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Семестр	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Самостоятельная работа	Автоматизированное тестирование	Другие виды учебной деятельности	Промежуточная аттестация	Итого
7	5	8	12	10	0	0	0	
8	5	12	8	10	0	10	20	
Итого	10	20	20	20	0	10	20	100

#### Программа оценивания учебной деятельности студента

##### 7 семестр

##### *Лекции*

- Посещаемость, опрос, активность и др. за один семестр (7 семестр): от 0 до 5 баллов.

##### *Лабораторные занятия*

- Выполнения лабораторных работ предусмотренных рабочей программой: от 0 до 8 баллов

##### *Практические занятия*

- Самостоятельное выполнение заданий, предусмотренных рабочей программой: от 0 до 12 баллов

##### *Самостоятельная работа*

- Оформление отчетов о выполненных лабораторных работах: от 0 до 10 баллов

##### *Автоматизированное тестирование*

Не предусмотрено рабочей программой.

##### *Другие виды учебной деятельности*

Не предусмотрено рабочей программой.

##### *Промежуточная аттестация*

Не предусмотрено рабочей программой.

## 8 семестр

### *Лекции*

- Посещаемость, опрос, активность и др. за один семестр:  
от 0 до 5 баллов.

### *Лабораторные занятия*

- Выполнения лабораторных работ предусмотренных рабочей программой:  
от 0 до 12 баллов

### *Практические занятия*

- Самостоятельное выполнение заданий, предусмотренных рабочей программой:  
от 0 до 8 баллов

### *Самостоятельная работа*

- Оформление отчетов о выполненных лабораторных работах:  
от 0 до 10 баллов

### *Автоматизированное тестирование*

Не предусмотрено рабочей программой.

### *Другие виды учебной деятельности*

- Выполнение контрольной работы, предусмотренной рабочей программой:  
от 0 до 10 баллов

### *Промежуточная аттестация (экзамен)*

Подготовка студента к прохождению промежуточной аттестации осуществляется в ходе лекционных, лабораторных и практических занятий, а также во внеаудиторные часы в рамках самостоятельной работы студента. Во время самостоятельной подготовки студент пользуется конспектами лекций, основной и дополнительной литературой по дисциплине.

Промежуточная аттестация проводится в виде письменного экзамена. Во время проведения экзамена студент должен дать развернутый ответ на вопросы экзаменационного билета. Преподаватель вправе задавать дополнительные вопросы по всем разделам изучаемой дисциплины. Во время ответа студент должен продемонстрировать знания по всему материалу изучаемой дисциплины. Студент должен уметь разделять факты и их интерпретацию, владеть методами аргументирования своих утверждений, а также методами построения и анализа математических моделей технологических процессов и производственных систем. Полнота ответа определяется показателями оценивания планируемых результатов обучения (раздел 1 «Фонда оценочных средств»).

При проведении промежуточной аттестации:

ответ на «отлично» оценивается от 18 до 20 баллов;

ответ на «хорошо» оценивается от 15 до 17 баллов;

ответ на «удовлетворительно» оценивается от 11 до 14 баллов;

ответ на «неудовлетворительно» оценивается от 0 до 10 баллов.

Таким образом, максимально возможная сумма баллов за все виды учебной деятельности студента на 4 курсе по дисциплине «Моделирование производственных и технологических процессов и систем» составляет 100 баллов. Пересчет полученной студентом суммы баллов по дисциплине «Моделирование производственных и технологических процессов и систем» в оценку (экзамен) осуществляется в соответствии с таблицей 7.2.

Таблица 7.2 – Таблица пересчета полученной студентом суммы баллов по дисциплине «Моделирование производственных и технологических процессов и систем» в оценку (экзамен)

90 – 100 баллов	«отлично»
80 – 89 баллов	«хорошо»
60 – 79 баллов	«удовлетворительно»
0 – 59 баллов	«не удовлетворительно»

Текущие индивидуально набранные студентами баллы доводятся до их сведения 2 раза за курс: в конце 7 и 8 семестра.

Оценка студентам, успешно прошедшим обучение по дисциплине «Моделирование производственных и технологических процессов и систем», может быть проставлена без сдачи экзамена на основании рейтинговой оценки по решению преподавателя.

## 8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### а) основная литература:

- 1) Афонин В.В. Моделирование систем [Электронный ресурс]/ Афонин В.В., Федосин С.А.— Электрон. текстовые данные.— М.: Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), 2016.— 269 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/52179>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю
- 2) Аттетков А.В. Введение в методы оптимизации [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Аттетков А.В., Зарубин В.С., Канатников А.Н.— Электрон. текстовые данные.— М.: Финансы и статистика, 2014.— 272 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/18794>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю
- 3) Жуков А.Д. Технологическое моделирование [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Жуков А.Д.— Электрон. текстовые данные.— М.: Московский государственный строительный университет, ЭБС АСВ, 2013.— 204 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/20041>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю
- 4) Склярова Е.А. Компьютерное моделирование физических явлений [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Склярова Е.А., Малютин В.М.— Электрон. текстовые данные.— Томск: Томский политехнический университет, 2012.— 152 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/34668>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю
- 5) Белов П.С. Математическое моделирование технологических процессов [Электронный ресурс]: учебное пособие (конспект лекций)/ Белов П.С.— Электрон. текстовые данные.— Егорьевск: Егорьевский технологический институт (филиал) Московского государственного технологического университета «СТАНКИН», 2016.— 121 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/43395>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю

### б) дополнительная литература:

- 1) Зарубин В. С. Математическое моделирование в технике [Текст] : учебник / В. С. Зарубин. - 3-е изд. - М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2010. - 495 с. (5 экз.)
- 2) Аверченков В.И. Основы математического моделирования технических систем [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Аверченков В.И., Федоров В.П., Хейфец М.Л.— Электрон. текстовые данные.— Брянск: Брянский государственный технический университет, 2012.— 271 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/7003>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю
- 3) Зубчанинов В.Г. Механика процессов пластических сред / Зубчанинов В.Г.— М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010.— 352 с. (1 экз.)
- 4) Жуков К.Г. Модельное проектирование встраиваемых систем в LabVIEW [Электронный ресурс]/ Жуков К.Г.— Электрон. текстовые данные.— М.: ДМК Пресс, 2011.— 680 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/8002>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю
- 5) Кудинов И.В. Теоретические основы теплотехники. Часть II. Математическое моделирование процессов теплопроводности в многослойных ограждающих конструкциях [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Кудинов И.В., Стефанюк Е.В.— Электрон. текстовые данные.— Самара: Самарский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2013.— 422 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/22627>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю
- 6) Автоволновые процессы в нелинейных средах с диффузией / Е.Ф. Мищенко [и др.].— М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010.— 400 с. (1 экз.)

- 7) Куликовский А.Г. Математические вопросы численного решения гиперболических систем уравнений / Куликовский А.Г., Погорелов Н.В., Семёнов А.Ю.— М.: ФИЗМАТЛИТ, 2001.— 656 с. (1 экз.)
- 8) Гринчик Н.Н. Моделирование электрофизических и тепловых процессов в слоистых средах [Электронный ресурс]: монография/ Гринчик Н.Н.— Электрон. текстовые данные.— Минск: Белорусская наука, 2008.— 252 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/12304>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю
- 9) Шаповалов В.М. Валковые течения неьютоновских жидкостей / Шаповалов В.М.— М.: ФИЗМАТЛИТ, 2011.— 168 с. (1 экз.)
- 10) Петров А.Г. Аналитическая гидродинамика: учебное пособие для вузов/ Петров А.Г.— М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010.— 518 с. (1 экз.)
- 11) Наац В.И. Математические модели и численные методы в задачах экологического мониторинга атмосферы / Наац В.И., Наац И.Э.— М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010.— 328 с. (1 экз.)
- 12) Автоматизация физических исследований и эксперимента: компьютерные измерения и виртуальные приборы на основе LabVIEW 7 [Текст] : (30 лекций) : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по группе подгот. бакалавров 550000 - "Технические науки" дисциплине "Управление техническими системами" / П. Ф. Бутырин [и др.]. - М. : ДМК Пресс, 2005. - 264 с. (1 экз.)

#### в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

- 1) Microsoft Windows XP Professional, Microsoft Windows 7, Microsoft Windows 8 (лицензия № 61137891 от 09.11.2012)
- 2) Microsoft Office Professional 2007: Word, Excel, Access, PowerPoint, Outlook, InfoPath, Publisher (лицензия № 42226296) – офисный пакет программного обеспечения для работы с различными типами документов: текстами, электронными таблицами, базами данных и др.
- 3) LabVIEW 8.5 (лицензия M71X16241 от 28.05.2010) – графическая среда разработки и платформа для использования в системах сбора и обработки данных, а также для управления техническими объектами и технологическими процессами.
- 4) Каталог образовательных Интернет-ресурсов. – Режим доступа: <http://window.edu.ru/window/>
- 5) Зональная научная библиотека им. В.А. Артисевич Саратовского государственного университета им. Н.Г. Чернышевского. – Режим доступа: <http://library.sgu.ru/>
- 6) Официальный сайт корпорации National Instruments, которая является одним из мировых лидеров в технологии виртуальных приборов и в разработке и изготовлении аппаратного и программного обеспечения для систем автоматизированного тестирования. <http://ni.com/>
- 7) Образовательный математический сайт. Режим доступа - <http://exponenta.ru/>
- 8) Официальный сайт научного книжного центра «ФИЗМАТКНИГА» – группы организаций, задачей которых является издание и распространение литературы по естественным наукам; преимущественно физико-математическим. <http://www.fizmatkniga.ru/>

### 9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Занятия по дисциплине «Моделирование производственных и технологических процессов и систем» проводятся в аудиториях, оснащенных компьютерной техникой, лицензионным программным обеспечением LabVIEW 8.5 (среда разработки и платформа для выполнения программ в системах сбора и обработки данных, а также для управления техническими объектами и технологическими процессами), проекторами, измерительными приборами, лабораторным оборудованием, наглядными демонстрационными материалами, мультимедийными установками и пр. (презентации, программное обеспечение, плакаты).

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 27.03.02 «Управление качеством» и профилем подготовки «Системы менеджмента качества инновационных организаций»

Автор: профессор кафедры материаловедения,  
технологии и управления качеством,  
доктор технических наук

  
\_\_\_\_\_ Симаков В.В.

Программа одобрена на заседании кафедры материаловедения, технологии и управления качеством от «12» сентября 2016 г., протокол №2.

Зав. кафедрой материаловедения, технологии и управления качеством,  
доктор физико-математических наук, профессор

  
\_\_\_\_\_ С.Б. Вениг

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2016 г.

Декан факультета нано- и биомедицинских технологий,  
доктор физико-математических наук, профессор

  
\_\_\_\_\_ С.Б. Вениг

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2016 г.