

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ  
( ФГАОУ ВО «МГТУ»)**

*Кафедра Технологического и  
холодильного оборудования*

**Методические указания  
к самостоятельному изучению дисциплины  
«Математическое моделирование холодильных  
производств»  
для обучающихся по направлению подготовки 16.03.03  
«Холодильная, криогенная техника и системы  
жизнеобеспечения»  
бакалаврская программа: «Холодильная техника и  
технология»**

**Мурманск**

**2020**

Методические указания для самостоятельного изучения дисциплины «**Основы математического моделирования**» рассмотрены и одобрены на заседании кафедры-разработчика ***Технологического и холодильного оборудования***

«23» июня\_2020 г., протокол №\_8\_

Составитель – Дьяков Алексей Владимирович, ст. преподаватель кафедры технологического и холодильного оборудования.

Рецензент – Похольченко Вячеслав Александрович, к.т.н., доцент, заведующий кафедрой технологического и холодильного оборудования.

## ОБЩИЕ ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Методические указания для самостоятельного изучения дисциплины «**Математическое моделирование холодильных производств**» составлены на основе ФГОС ВО по направлению подготовки (специальности) 16.03.03 «Холодильная, криогенная техника и системы жизнеобеспечения», утвержденного 12.03.2015 г, № 198 УП, утвержденного Ученым советом МГТУ 27.03.2020, протокол № 8 и предназначены для обучающихся по направлению подготовки 16.03.03 «Холодильная, криогенная техника и системы жизнеобеспечения», направленность/специализация: «Холодильная техника и технология».

**Целью дисциплины** является подготовка обучающегося в соответствии с квалификационной характеристикой бакалавра и рабочим учебным планом направления 16.03.03 «Холодильная, криогенная техника и системы жизнеобеспечения», что предполагает освоение обучающимися основ математического моделирования процессов и аппаратов.

**Задачи дисциплины:** дать необходимые знания по основам моделирования процессов и аппаратов, основам методологии инженерных расчетов; методов и средств разработки параметризованных моделей технологических процессов и оборудования.

В результате изучения дисциплины академический бакалавр должен:

### **Знать:**

– методы математического моделирования при исследовании процессов и аппаратов; основные положения математического моделирования процессов и аппаратов; способы получения математических моделей процессов и аппаратов, проведения экспериментов, обработки результатов экспериментов и представления их в виде математических моделей.

### **Уметь:**

– составлять математические модели процессов и аппаратов пищевых производств; выбирать наиболее прогрессивные способы осуществления процесса.

### **Владеть:**

– методами математического моделирования процессов и аппаратов, экспериментального исследования процессов в пищевой промышленности; обработки результатов математической обработки экспериментальных

исследований. методами математического моделирования процессов и аппаратов, экспериментального исследования процессов в пищевой промышленности; обработки результатов математической обработки экспериментальных исследований.

### **Содержание разделов дисциплины:**

Математические модели и их классификация. Машинное моделирование. Математические модели динамических объектов. Типовые динамические звенья. Структурное моделирование. Моделирование динамических процессов.

**Реализуемые компетенции:** ОПК-1; ПК-2; ПК-4.

### **Формы отчетности:**

Очная форма обучения: семестр 5 – зачет.

Заочная форма обучения: курс 4 – зачет.

### **Требования к уровню подготовки обучающегося в рамках данной дисциплины.**

Процесс изучения дисциплины «**Математическое моделирование холодильных производств**» направлен на формирование компетенций в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 16.03.03 «Холодильная, криогенная техника и системы жизнеобеспечения», представленных в таблице 1.

**Таблица 1 – Компетенции, формируемые дисциплиной «Математическое моделирование холодильных производств»**

№ п/п	Код и содержание компетенции	Степень реализации компетенции	Этапы формирования компетенции
1	ОПК-1 - способность решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований	Компоненты компетенции соотносятся с содержанием дисциплины, и компетенция реализуется полностью	<b>Знать:</b> основные требования информационной безопасности и способы поиска информации; <b>Уметь:</b> применять информационно-коммуникационные технологии для решения профессиональных задач <b>Владеть:</b> навыками использования современных образовательных и информационных технологий

	информационной безопасности		
2	ПК-2 – готовность применять физико-математический аппарат, теоретические, расчетные и экспериментальные методы исследований, методы математического и компьютерного моделирования в процессе профессиональной деятельности	Компоненты компетенции соотносятся с содержанием дисциплины, и компетенция реализуется полностью	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- теоретические основы протекания процессов в холодильной технике;</li> <li>- методы исследований холодильных и криогенных процессов</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- применять полученные теоретические знания в практической деятельности;</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками сбора и анализа информации об исследуемом объекте и сопоставлении его с математической моделью.</li> </ul>
3	ПК-4 - готовность выполнять расчетно-экспериментальные работы в области холодильной и криогенной техники и систем жизнеобеспечения с использованием современных вычислительных методов, высокопроизводительных вычислительных систем и наукоемких компьютерных технологий, и экспериментального оборудования для проведения испытаний	Компоненты компетенции соотносятся с содержанием дисциплины, и компетенция реализуется полностью	<p><b>Знать:</b> методы исследования, применяемые в области холодильной и криогенной техники и систем жизнеобеспечения;</p> <p><b>Уметь:</b> выполнять расчеты с использованием современных вычислительных методов, высокопроизводительных вычислительных систем и наукоемких компьютерных технологий;</p> <p><b>Владеть:</b> навыками работы с современными вычислительными системами и компьютерными технологиями</p>

#### 4. Планируемые результаты обучения по дисциплине «Математическое моделирование холодильных производств»

Результаты формирования компетенций и планируемые результаты обучения представлены в таблице 2.

**Таблица 2 – Планируемые результаты обучения**

№ п/п	Код и содержание компетенции	Степень реализации компетенции	Этапы формирования компетенции
1	ОПК-1 - способность	Компоненты	<b>Знать:</b> основные требования информационной

	решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности	компетенции соотносятся с содержанием дисциплины, и компетенция реализуется полностью	безопасности и способы поиска информации; <b>Уметь:</b> применять информационно-коммуникационные технологии для решения профессиональных задач <b>Владеть:</b> навыками использования современных образовательных и информационных технологий
2	ПК-2 – готовность применять физико-математический аппарат, теоретические, расчетные и экспериментальные методы исследований, методы математического и компьютерного моделирования в процессе профессиональной деятельности	Компоненты компетенции соотносятся с содержанием дисциплины, и компетенция реализуется полностью	<b>Знать:</b> - теоретические основы протекания процессов в холодильной технике; - методы исследований холодильных и криогенных процессов <b>Уметь:</b> - применять полученные теоретические знания в практической деятельности; <b>Владеть:</b> - навыками сбора и анализа информации об исследуемом объекте и сопоставлении его с математической моделью.
3	ПК-4 - готовность выполнять расчетно-экспериментальные работы в области холодильной и криогенной техники и систем жизнеобеспечения с использованием современных вычислительных методов, высокопроизводительных вычислительных систем и наукоемких компьютерных технологий, и экспериментального оборудования для проведения испытаний	Компоненты компетенции соотносятся с содержанием дисциплины, и компетенция реализуется полностью	<b>Знать:</b> методы исследования, применяемые в области холодильной и криогенной техники и систем жизнеобеспечения; <b>Уметь:</b> выполнять расчеты с использованием современных вычислительных методов, высокопроизводительных вычислительных систем и наукоемких компьютерных технологий; <b>Владеть:</b> навыками работы с современными вычислительными системами и компьютерными технологиями

**Целью** настоящих методических указаний являются рекомендации, которыми обучающийся может воспользоваться при подготовке к сдаче форм контроля по дисциплине «**Основы математического моделирования**», при



Понятие типового элементарного динамического звена. Математические модели типовых динамических звеньев. Их передаточные функции. Соединения звеньев. Типовые законы регулирования и управления												
Структурное моделирование.  Основные принципы структурного моделирования. Структурные схемы моделирования динамических систем. Моделирование в реальном и масштабном времени. Оценка достоверности и точности моделирования динамических процессов, протекающих в системах	4	-	4	10	-	-	-	-	1	-	1	10
Моделирование динамических процессов.  Структурные модели типовых динамических звеньев. Структурные модели изменения уровня жидкости в емкостях различной конфигурации. Модели термодинамических процессов	2	-	5	20	-	-	-	-	-	-	1	12
Итого:	20	-	23	65	-	-	-	-	2	-	4	98

**Таблица 4. - Перечень практических работ**

№ п/п	Наименование практических работ	Количество часов по формам обучения		
		Очная	Очно-заочная	Заочная
1	Изучение структуры и принципов работы аналого-вычислительного комплекса АВК-6	2	-	-
2	Разработка структурных схем математического моделирования динамических процессов. Моделирование в реальном и масштабном времени. Составление уравнений в машинных переменных	2	-	-
3	Составление структурных схем моделирования типовых динамических звеньев	4	-	2
4	Исследование типовых элементарных динамических звеньев на аналого-вычислительном комплексе (АВК-6)	4	-	2
5	Моделирование процессов автоматического регулирования температуры в одноемкостных объектах с использованием П- и ПИ-	4	-	-

	регуляторов			
6	Разработка математической модели и исследование на ПЭВМ частотных характеристик автоматической системы регулирования температуры бланширователя	4	-	-
7	Математическое моделирование динамических систем, описываемых дифференциальными уравнениями с частными производными	3	-	-
<b>Всего:</b>		23	-	4

## СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

№ п/п	Библиографическое описание* (название литературного источника)	Наличие		
		Электронно-библиотечная система (ЭБС)	Библиотека МГТУ (печатное издание)	Количество экземпляров печатного издания
1	2	3	4	5
<b>Основная литература</b>				
1	Бродский, Ю.И. Лекции по математическому и имитационному моделированию / Ю.И. Бродский. – Москва ; Берлин : Директ-Медиа, 2015. – 240 с. : ил., схем., табл.	+	-	-
2	Комаров, Г. А. Функциональные элементы АСР непрерывного и дискретного действия. Ч. 1. Функциональные элементы АСР непрерывного действия : учеб. пособие для специальности 271000 "Технология рыбы и рыбных продуктов" направления 552400 "Технология продуктов питания" / Г. А. Комаров; Ком. Рос. Федерации по рыболовству ; МГАРФ. - Мурманск, 1996. - 124 с.	-	+	31
3	Аверченков, В.И. Основы математического моделирования технических систем : учебное пособие / В.И. Аверченков, В.П. Федоров, М.Л. Хейфец. — 2-е изд. — Москва : ФЛИНТА, 2011. — 271 с. — ISBN 978-5-9765-1278-8. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/44652">https://e.lanbook.com/book/44652</a> . — Режим доступа: для авториз. пользователей.	+	-	-
<b>Дополнительная литература</b>				
4	Сердобинцев, С. П. Автоматика и автоматизация производственных процессов в рыбной промышленности : учебник для вузов по специальности 2709 "Технология рыбных продуктов" / С. П. Сердобинцев. - Москва : Колос, 1994. - 335 с. : ил. - (Учебники и учебные пособия для студентов вузов).	-	+	56

5	Автоматизированные системы управления в пищевой промышленности / В. Г. Воронин, В. В. Князев, М. М. Рожин, С. М. Сирота ; под ред. В. Г. Воронина. - Москва : Агропромиздат, 1991. - 144 с. : ил.	-	+	5
6	Костюкова, Н.И. Основы математического моделирования : учебное пособие / Н.И. Костюкова. — 2-е изд. — Москва : ИНТУИТ, 2016. — 219 с. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/100304">https://e.lanbook.com/book/100304</a> . — Режим доступа: для авториз. пользователей.	+	-	-

## СОДЕРЖАНИЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ИЗУЧЕНИЮ ТЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

**Тема 1.** Введение. Моделирование, как метод исследования динамических систем. Математические модели и их классификация

**Тема 2.** Машинное моделирование. Цели и задачи, решаемые при машинном моделировании. Выбор методов и средств моделирования динамических систем. Сравнительный анализ методов машинного моделирования.

**Тема 3.** Математические модели динамических объектов. Составление дифференциальных уравнений объектов. Операторная форма записи дифференциальных уравнений. Оператор Лапласа. Оригинал и изображение функции. Понятие передаточной функции

**Тема 4.** Типовые динамические звенья. Понятие типового элементарного динамического звена. Математические модели типовых динамических звеньев. Их передаточные функции. Соединения звеньев. Типовые законы регулирования и управления

**Тема 5.** Структурное моделирование. Основные принципы структурного моделирования. Структурные схемы моделирования динамических систем. Моделирование в реальном и масштабном времени. Оценка достоверности и точности моделирования динамических процессов, протекающих в системах

**Тема 6.** Моделирование динамических процессов.

Структурные модели типовых динамических звеньев. Структурные модели

изменения уровня жидкости в емкостях различной конфигурации. Модели термодинамических процессов

***Вопросы для самоконтроля:***

1. Какие методы моделирования вы знаете?
2. Какие цели и задачи, решаемы при машинном моделировании?
3. Что такое структурное моделирование?
4. Как оценивается достоверность и точность моделирования динамических процессов, протекающих в системах?
5. Что такое моделирование в реальном и масштабном времени?

**После изучения теоретического материала необходимо выполнить практические работы в соответствии с таблицей № 4.**