

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»**

*Кафедра Технологического и  
холодильного оборудования*

**Методические указания  
к самостоятельному изучению дисциплины  
«Измерительные приборы низкотемпературной  
техники»**

**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 **«Измерительные приборы низкотемпературной техники»** рассмотрены и одобрены на заседании кафедры-разработчика ***Технологического и холодильного оборудования***

«23» июня 2020 протокол № 8.

дата

Составитель – Иваней Александр Антонович, к.т.н., доцент 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 **«Измерительные приборы низкотемпературной техники»** 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 формирование компетенций в соответствии с квалификационной характеристикой бакалавра и учебным планом для специальности 16.03.03 «Холодильная, криогенная техника и системы жизнеобеспечения».

**Задачи дисциплины:** состоят в формировании умений и навыков по следующим направлениям профессиональной деятельности: Основные понятия теории регулирования. Классификации систем регулирования. Понятия о передаточных функциях уравнение статики. Технические средства автоматизации. Приборы для преобразования и измерения температуры. Приборы для измерения давления. Датчики и приборы для измерения количества и расхода жидкостей и газов. Газоанализаторы. Исполнительные механизмы автоматических систем. Основы реализации схем программно-логического управления. Составление функциональных схем систем автоматизации технологических процессов.

В результате изучения дисциплины академический бакалавр должен:

### **Знать:**

– действующее оборудование; основные нормативные документы, используемые в деятельности.

### **Уметь:**

– применять навыки в практической деятельности; пользоваться нормативными документами в профессиональной деятельности.

### **Владеть:**

– навыками работы с оборудованием, нормативными и техническими документами, необходимыми для осуществления профессиональной деятельности.

### **Содержание разделов дисциплины:**

Основные понятия теории регулирования. Классификации систем регулирования. Понятия о передаточных функциях уравнение статики. Технические средства автоматизации. Приборы для преобразования и измерения температуры. Приборы для измерения давления. Датчики и приборы для измерения количества и расхода жидкостей и газов. Газоанализаторы. Исполнительные механизмы автоматических систем. Основы реализации схем программно-логического управления. Составление функциональных схем систем автоматизации технологических процессов.

**Реализуемые компетенции:** ОПК-5; ПК-2; ПК-4.

### **Формы отчетности:**

Очная форма обучения: семестр 5 – зачет, к/р.

Заочная форма обучения: курс 4 – зачет, к/р.

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

Процесс изучения дисциплины «**Измерительные приборы низкотемпературной техники**» 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 «Измерительные приборы низкотемпературной техники»**

№ п/п	Код и содержание компетенции	Степень реализации компетенции	Этапы формирования компетенции (Индикаторы сформированности компетенций)
1.	ОПК-5 - способностью анализировать, рассчитывать и моделировать электрические и магнитные цепи, электротехнические и электронные устройства, электроизмерительные	Компетенция реализуется полностью	<b>Знать:</b> основные нормативные документы, средства и способы измерения, используемые в деятельности. <b>Уметь:</b> анализировать, рассчитывать и моделировать электрические и магнитные цепи, электротехнические и электронные устройства, электроизмерительные приборы для решения профессиональных задач.

	приборы для решения профессиональных задач		<b>Обладать:</b> навыками анализа, расчета и моделирования электрических и магнитных цепей, электротехнических и электронных устройств, электроизмерительных приборов для решения профессиональных задач.
2.	ПК-2 - готовностью применять физико-математический аппарат, теоретические, расчетные и экспериментальные методы исследований, методы математического и компьютерного моделирования в процессе профессиональной деятельности	Компетенция реализуется полностью	<p><b>Знать:</b> основные нормативные документы, средства и способы измерения, используемые в деятельности.</p> <p><b>Уметь:</b> применять навыки физико-математического аппарата, теоретических, расчетных и экспериментальных методов исследований, методов математического и компьютерного моделирования в процессе профессиональной деятельности.</p> <p><b>Обладать:</b> навыками применения физико-математического аппарата, теоретических, расчетных и экспериментальных методов исследований, методов математического и компьютерного моделирования в процессе профессиональной деятельности.</p>
3.	ПК-4 - готовностью 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	Компетенция реализуется полностью	<p><b>Знать:</b> основные нормативные документы, средства и способы измерения, используемые в деятельности.</p> <p><b>Уметь:</b> 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.</p> <p><b>Обладать:</b> навыками выполнения расчетно-экспериментальных работ 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.</p>

#### 4. Планируемые результаты обучения по дисциплине «Измерительные приборы низкотемпературной техники»

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 (Индикаторы сформированности компетенций)
-------	------------------------------	--------------------------------	---

1.	ОПК-5 - способностью анализировать, рассчитывать и моделировать электрические и магнитные цепи, электротехнические и электронные устройства, электроизмерительные приборы для решения профессиональных задач	Компетенция реализуется полностью	<p><b>Знать:</b> основные нормативные документы, средства и способы измерения, используемые в деятельности.</p> <p><b>Уметь:</b> анализировать, рассчитывать и моделировать электрические и магнитные цепи, электротехнические и электронные устройства, электроизмерительные приборы для решения профессиональных задач.</p> <p><b>Обладать:</b> навыками анализа, расчета и моделирования электрических и магнитных цепей, электротехнических и электронных устройств, электроизмерительных приборов для решения профессиональных задач.</p>
2.	ПК-2 - готовностью применять физико-математический аппарат, теоретические, расчетные и экспериментальные методы исследований, методы математического и компьютерного моделирования в процессе профессиональной деятельности	Компетенция реализуется полностью	<p><b>Знать:</b> основные нормативные документы, средства и способы измерения, используемые в деятельности.</p> <p><b>Уметь:</b> применять навыки физико-математического аппарата, теоретических, расчетных и экспериментальных методов исследований, методов математического и компьютерного моделирования в процессе профессиональной деятельности.</p> <p><b>Обладать:</b> навыками применения физико-математического аппарата, теоретических, расчетных и экспериментальных методов исследований, методов математического и компьютерного моделирования в процессе профессиональной деятельности.</p>
3.	ПК-4 - готовностью 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	Компетенция реализуется полностью	<p><b>Знать:</b> основные нормативные документы, средства и способы измерения, используемые в деятельности.</p> <p><b>Уметь:</b> 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.</p> <p><b>Обладать:</b> навыками выполнения расчетно-экспериментальных работ 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.</p>

**Целью** настоящих методических указаний являются рекомендации, которыми обучающийся может воспользоваться при подготовке к сдаче форм контроля по дисциплине **«Измерительные приборы низкотемпературной**

**техники»**, при подготовке и сдаче зачета, а также для самостоятельного углубления знаний по данной дисциплине.

## Введение

Дисциплина **«Измерительные приборы низкотемпературной техники»** состоит из одного модуля и девяти тем. Обучающийся должен изучить теоретические сведения по темам, выполнить лабораторные работы, контрольную работу для усвоения теории и завершить изучение модуля сдачей зачета.

Для изучения дисциплины, в составе методической литературы, обучающимся предлагается изучить литературные источники из списка. Начать изучение дисциплины следует с методических указаний для самостоятельного изучения дисциплины.

### Содержание разделов дисциплины (модуля), виды работы

**Таблица 3.**

Содержание разделов (модулей), тем дисциплины	Количество часов, выделяемых на виды учебной работы по формам обучения							
	Очная				Заочная			
	Л	ЛР	ПР	СР	Л	ЛР	ПР	СР
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Модуль 1.								
<i>Тема 1. Основные понятия теории регулирования. Классификации систем регулирования. Классификация по принципу регулирования. Классификация по числу регулируемых параметров. Классификация по назначению. Классификация по характеру регулирующих воздействий. Классификация по виду статической характеристики регулятора. Уравнения статики и динамики автоматических систем.</i>	2	0	0	1 2	0,2	0	0	15
<i>Тема 2. Понятия о передаточных функциях уравнение статики. Уравнение динамики. Типовые динамические звенья систем автоматического регулирования. Безынерционные звенья. Инерционные звенья (звенья с самовыравниванием). Колебательные звенья. Астатические (интегрирующие) звенья. Звено транспортного запаздывания. Основные правила соединения динамических звеньев. Последовательное соединение звеньев. Параллельное соединение звеньев. Встречно-параллельное включение звеньев. Математические модели объектов управления и методы их получения. Частотные характеристики динамических звеньев. Аперриодическое звено i порядка. Аперриодическое звено ii порядка. Звено с запаздыванием. Понятие об устойчивости сар. Критерий Найквиста. Критерий Михайлова.</i>	2	0	0	1 2	0,3	0	0	15

<i>Тема 3. Технические средства автоматизации. Классификация технических средств автоматизации. Классификация по назначению в системе управления. Классификация по виду используемой энергии государственная система приборов. Метрологические характеристики измерительных приборов. Приборы для преобразования и измерения температуры. Термометры расширения. Манометрические термометры. Электрические приборы. Термоэлектрические преобразователи (термопары). Полупроводниковые датчики измерения температуры. Подключение датчиков с унифицированным выходным сигналом тока или напряжения.</i>	2	4	0	1 2	0,2	2	0	15
<i>Тема 4. Приборы для измерения давления. Классификация манометрических приборов. Устройство и принцип действия основных типов манометрических приборов. Измерительный преобразователь «сапфир-22». Сильфонные манометры. Манометры с мембранной коробкой. Жидкостные приборы для измерения давления и перепада давления.</i>	2	4	0	1 2	0,3	0	0	15
<i>Тема 5. Датчики и приборы для измерения количества и расхода жидкостей и газов. Скоростные счетчики количества. Объемные счетчики количества. Расходомеры переменного перепада давления. Расходомеры постоянного перепада давления. Электромагнитные расходомеры. Ультразвуковой расходомер. Приборы для измерения уровня жидкости в сосудах. Кондуктометрические сигнализаторы уровня. Емкостной сигнализатор уровня. Емкостной индикатор уровня. Реле уровня полупроводниковые.</i>	2	4	0	1 2	0,2	0	0	15
<i>Тема 6. Газоанализаторы. Автоматические регуляторы. Основные требования, предъявляемые к регуляторам. Основные законы регулирования и параметры настройки регуляторов. Двухпозиционный закон регулирования и двухпозиционные регуляторы. Аппаратные средства микропроцессорной техники. Позиционные регуляторы давления. Автоматические регуляторы температуры позиционного действия. Пропорциональные регуляторы температуры. Автоматические регуляторы уровня. Контрольно-измерительные приборы и средства автоматизации. Системы централизованного технического управления, дистанционного наблюдения и дистанционного управления.</i>	1	0	0	1 2	0,3	0	0	15
<i>Тема 7. Исполнительные механизмы автоматических систем. Электродвигательные исполнительные механизмы. Исполнительные механизмы двухпозиционного регулирования типа др. Исполнительные механизмы пропорционального регулирования. Электромагнитные исполнительные механизмы. Пневматические исполнительные механизмы. Позиционные пневматические исполнительные механизмы. Функциональные пневматические исполнительные механизмы.</i>	2	5	0	1 2	0,2	0	0	15
<i>Тема 8. Основы реализации схем программно-логического управления. Дискретные устройства автоматики. Аналого-цифровые преобразователи. Цифроаналоговые преобразователи. Формализация условий работы дискретных управляющих устройств. Проектирование систем автоматизации технологических процессов.</i>	2	0	0	1 2	0,1	0	0	15
<i>Тема 9. Составление функциональных схем систем автоматизации технологических процессов. Графическое обозначение приборов. Буквенные обозначения приборов. Буквенные обозначения дополнительных функциональных признаков приборов, преобразователей сигналов и вычислительных устройств. Пример составления функциональной схемы.</i>	2	0	0	1 4	0,2	0	0	16
Подготовка к промежуточной аттестации								4
<b>Итого:</b>	17	17	0	11 0	2	2	0	13 6



**Таблица 4. - Перечень лабораторных работ**

№ п\п	Наименование лабораторных работ	Количество часов	
		Очная	Заочная
1	2	3	4
1	Приборы для преобразования и измерения температуры.	4	2
2	Приборы для измерения давления.	4	
3	Датчики и приборы для измерения количества и расхода жидкостей и газов.	4	
4	Исполнительные механизмы автоматических систем.	5	
	<b>Итого:</b>	17	2

**Таблица 5. - Перечень практических работ**

№ п\п	Темы практических работ	Количество часов	
		Очная	Заочная
1	Практических работ не предусмотрено.		

### 5. Контрольная работа «Составление функциональных схем систем автоматизации технологических процессов».

#### СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

##### Основная литература

№ п\п	Библиографическое описание* (название литературного источника)	Наличие		
		Электронно-библиотечная система (ЭБС)	Библиотека МГТУ (печатное издание)	Количество экземпляров печатного издания
1.	<b>Сластихин, Ю. Н.</b> Техническая эксплуатация судовых холодильных установок : учеб. для вузов по специальности "Эксплуатация судовых энергетических установок" и по направлениям уровня бакалавриата и магистратуры "Холодильная, криогенная техника и системы жизнеобеспечения" / Ю. Н. Сластихин, А. И. Ейдеюс, Э. Е. Елисеев; под общ. ред. Ю. Н. Сластихин. - Москва : МОРКНИГА, 2014. - 508, [3] с. : ил. - (Учебник). - Библиогр.: с. 507-508. - ISBN 978-5-913081-11-7	-	+	80
2.	<b>Лашутина, Н. Г.</b> Холодильные машины и установки : учеб. для сред. спец. учеб. заведений / Н. Г. Лашутина, Т. А. Верхова, В. П. Суедов. - Москва : КолосС, 2007. - 439 с. : ил. - (Учебники и учебные пособия для студентов средних специальных учебных заведений). - Библиогр.: с. 437. - ISBN 978-5-9532-0640-2	-	+	30
3.	<b>Абдульманов, Х. А.</b> Холодильные машины и установки, их эксплуатация : учеб. пособие / Х. А. Абдульманов, Л. И. Балыкова, И. П. Сарайкина; Центр. учеб.-метод. каб. по рыбохоз. образованию, Федер. агентство по рыболовству. - Москва : Колос, 2006. - 327 с. : ил. - Библиогр.: с. 324. - ISBN 5-10-003946-9. - ISBN 978-5-10-003946-4	-	+	48

### *Дополнительная литература*

№ п/п	Библиографическое описание* (название литературного источника)	Наличие		
		Электронно-библиотечная система (ЭБС)	Библиотека МГТУ (печатное издание)	Количество экземпляров в печатном издании
1.	<b>Балькова, Л. И.</b> Кондиционирование воздуха. Компрессорные машины. Курсовое проектирование : учеб. пособие для высш. и сред. проф. учеб. заведений / Л. И. Балькова, И. П. Сарайкина. - Москва : Вектор-ТиС, 2008. - 240, [2] с. : ил. - (Учебник). - Библиогр.: с. 221-222. - ISBN 978-5-93126-135-5	-	+	51
2.	<b>Курылев, Е. С.</b> Холодильные установки : учебник / Е. С. Курылев, В. В. Оносовский, Ю. Д. Румянцев. - 2-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Политехника, 2004, 2000. - 576 с. : ил. - (Учебник для вузов). - ISBN 5-7325-0419-2. - ISBN 5-7325-0690-X	-	+	64

## **СОДЕРЖАНИЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ИЗУЧЕНИЮ ТЕМ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Модуль 1.**

**Тема 1.** *Основные понятия теории регулирования.* Классификации систем регулирования. Классификация по принципу регулирования. Классификация по числу регулируемых параметров. Классификация по назначению. Классификация по характеру регулирующих воздействий. Классификация по виду статической характеристики регулятора. Уравнения статики и динамики автоматических систем.

**Тема 2.** *Понятия о передаточных функциях уравнение статики.* Уравнение динамики. Типовые динамические звенья систем автоматического регулирования. Безынерционные звенья. Инерционные звенья (звенья с самовыравниванием). Колебательные звенья. Астатические (интегрирующие) звенья. Звено транспортного запаздывания. Основные правила соединения динамических звеньев. Последовательное соединение звеньев. Параллельное соединение звеньев. Встречно-параллельное включение звеньев. Математические модели объектов управления и методы их получения. Частотные характеристики динамических звеньев. Апериодическое звено  $i$  порядка. Апериодическое звено  $ii$  порядка. Звено с запаздыванием. Понятие об устойчивости сар. Критерий Найквиста. Критерий Михайлова.

### ***Вопросы для самоконтроля:***

1. Какие основные понятия теории регулирования вы знаете?
2. Дайте классификацию по принципу регулирования.
3. Что такое безынерционные звенья?

4. Какие математические модели объектов управления и методы их получения вы знаете?

**После изучения теоретического материала необходимо выполнить лабораторные работы в соответствии с таблицами № 4.**

**Тема 3. Технические средства автоматизации.** Классификация технических средств автоматизации. Классификация по назначению в системе управления. Классификация по виду используемой энергии государственная система приборов. Метрологические характеристики измерительных приборов. Приборы для преобразования и измерения температуры. Термометры расширения. Манометрические термометры. Электрические приборы. Термоэлектрические преобразователи (термопары). Полупроводниковые датчики измерения температуры. Подключение датчиков с унифицированным выходным сигналом тока или напряжения.

**Тема 4. Приборы для измерения давления.** Классификация манометрических приборов. Устройство и принцип действия основных типов манометрических приборов. Измерительный преобразователь «сапфир-22». Сильфонные манометры. Манометры с мембранной коробкой. Жидкостные приборы для измерения давления и перепада давления.

**Вопросы для самоконтроля:**

1. Дайте классификацию технических средств автоматизации.
2. Какие приборы для преобразования и измерения температуры вы знаете?
3. Какие метрологические характеристики измерительных приборов вы знаете?
4. Какое устройство и принцип действия основных типов манометрических приборов?

**После изучения теоретического материала необходимо выполнить лабораторные работы в соответствии с таблицами № 4.**

**Тема 5. Датчики и приборы для измерения количества и расхода жидкостей и газов.** Скоростные счетчики количества. Объемные счетчики количества. Расходомеры переменного перепада давления. Расходомеры постоянного перепада давления. Электромагнитные расходомеры.

Ультразвуковой расходомер. Приборы для измерения уровня жидкости в сосудах. Кондуктометрические сигнализаторы уровня. Емкостной сигнализатор уровня. Емкостной индикатор уровня. Реле уровня полупроводниковые.

**Тема 6. Газоанализаторы.** Автоматические регуляторы. Основные требования, предъявляемые к регуляторам. Основные законы регулирования и параметры настройки регуляторов. Двухпозиционный закон регулирования и двухпозиционные регуляторы. Аппаратные средства микропроцессорной техники. Позиционные регуляторы давления. Автоматические регуляторы температуры позиционного действия. Пропорциональные регуляторы температуры. Автоматические регуляторы уровня. Контрольно-измерительные приборы и средства автоматизации. Системы централизованного технического управления, дистанционного наблюдения и дистанционного управления.

**Вопросы для самоконтроля:**

1. Назовите основные законы регулирования и параметры настройки регуляторов.
2. Какие датчики и приборы для измерения количества и расхода жидкостей и газов вы знаете?
3. Что такое позиционный регулятор давления?
4. Контрольно-измерительные приборы и средства автоматизации.

**После изучения теоретического материала необходимо выполнить лабораторные работы в соответствии с таблицами № 4.**

**Тема 7. Исполнительные механизмы автоматических систем.** Электродвигательные исполнительные механизмы. Исполнительные механизмы двухпозиционного регулирования типа др. Исполнительные механизмы пропорционального регулирования. Электромагнитные исполнительные механизмы. Пневматические исполнительные механизмы. Позиционные пневматические исполнительные механизмы. Функциональные пневматические исполнительные механизмы.

**Тема 8. Основы реализации схем программно-логического управления.** Дискретные устройства автоматики. Аналого-цифровые преобразователи. Цифроаналоговые преобразователи. Формализация условий работы дискретных управляющих устройств. Проектирование систем автоматизации технологических процессов.

Тема 9. Составление функциональных схем систем автоматизации технологических процессов. Графическое обозначение приборов. Буквенные обозначения приборов. Буквенные обозначения дополнительных функциональных признаков приборов, преобразователей сигналов и вычислительных устройств. Пример составления функциональной схемы.

***Вопросы для самоконтроля:***

1. Что такое исполнительные механизмы автоматических систем?
2. Что вы знаете об исполнительных механизмах пропорционального регулирования?
3. Как осуществляется реализация схем программно-логического управления?
4. Какие буквенные обозначения дополнительных функциональных признаков приборов, преобразователей сигналов и вычислительных устройств вы знаете?

**После изучения теоретического материала необходимо выполнить лабораторные работы в соответствии с таблицами № 4.**

**Зачет после защиты лабораторных и контрольной работ.**