

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**

**«МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»**

*Кафедра Технологического и холодильного оборудования*

**Методические указания  
к самостоятельному изучению дисциплины**

**«Гидравлика»**

**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 «Гидравлика» рассмотрены и одобрены на заседании кафедры-разработчика *Технологического и холодильного оборудования*

«25» июня\_2020 г., протокол №\_10\_

Составитель –Шутов Андрей Валентинович, 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 «Гидравлика» 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 28.02.2020, протокол № 7 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 теоретических знаний в области гидравлики применительно к технологическому оборудованию.

**Задачи дисциплины:** дать необходимые знания по основам гидравлики, позволяющие использовать эти знания в области холодильных производств.

В результате изучения дисциплины академический бакалавр должен:

### **Знать:**

- законы гидростатики и гидродинамики;
- действующее гидравлическое оборудование и принципы его работы.

### **Уметь:**

- рассчитывать силы давления, действующие на стенки сосудов, трубопроводов, каналов и других гидравлических устройств;
- измерять и рассчитывать гидравлические параметры установок;
- производить гидравлический расчет простых систем трубопроводов;
- осуществлять подбор оборудования и механизмов для гидравлических систем.

### **Владеть:**

- навыками расчета падения напора в магистральных трубопроводах и теплообменных аппаратах;
- навыками расчета силы давления, действующего при различных условиях работы оборудования.

## Содержание разделов дисциплины:

Общие понятия и определения. Механические процессы. Гидромеханические процессы. Тепловые процессы. Массообменные процессы.

**Реализуемые компетенции:** ОК-7, ПК-2; ПК-9.

## Формы отчетности:

Очная форма обучения: семестр 5 – зачет.

Заочная форма обучения: курс 3 – зачет.

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

Процесс изучения дисциплины «Гидравлика» 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 «Гидравлика»**

№ п/п	Код и содержание компетенции	Степень реализации компетенции	Этапы формирования компетенции (Индикаторы сформированности компетенций)
1	ОК-7. способность к самоорганизации и самообразованию	Компоненты компетенции соотносятся с содержанием дисциплины и реализуются полностью	<b>Знать:</b> - способы организации процесса самообразования; <b>Уметь:</b> - организовать процесс самообразования, применяя доступные источники информации; <b>Владеть:</b> - навыками эффективного распределения времени и ресурсов на процесс самообразования
2	ПК-2. готовность применять физико-математический аппарат, теоретические, расчетные и экспериментальные методы исследований, методы математического и компьютерного	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

	моделирования в процессе профессиональной деятельности		практической деятельности; <b>Владеть:</b> - навыками сбора и анализа информации об исследуемом объекте и сопоставлении его с математической моделью.
3	ПК-9. готовность выполнять проектно-конструкторские и расчетные работы машин и аппаратов и их элементов, холодильной и криогенной техники и систем жизнеобеспечения с использованием современных вычислительных методов	Компоненты компетенции соотносятся с содержанием дисциплины и реализуются полностью	<b>Знать:</b> - современные вычислительные методы проектно-конструкторских расчетов холодильного и криогенного оборудования; <b>Уметь:</b> - осуществлять проектно-конструкторские работы в области машин и аппаратов, холодильной и криогенной техники; <b>Владеть:</b> - навыками применения современных вычислительных методов

#### 4. Планируемые результаты обучения по дисциплине «Гидравлика»

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	ОК-7. способность к самоорганизации и самообразованию	Компоненты компетенции соотносятся с содержанием дисциплины и реализуются полностью	<b>Знать:</b> - способы организации процесса самообразования; <b>Уметь:</b> - организовать процесс самообразования, применяя доступные источники информации; <b>Владеть:</b> - навыками эффективного распределения времени и ресурсов на процесс самообразования
2	ПК-2. готовность применять физико-математический	Компоненты компетенции соотносятся с	<b>Знать:</b> - теоретические основы протекания процессов в

	аппарат, теоретические, расчетные и экспериментальные методы исследований, методы математического и компьютерного моделирования в процессе профессиональной деятельности	содержанием дисциплины, и компетенция реализуется полностью	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-9. готовность выполнять проектно-конструкторские и расчетные работы машин и аппаратов и их элементов, холодильной и криогенной техники и систем жизнеобеспечения с использованием современных вычислительных методов	Компоненты компетенции соотносятся с содержанием дисциплины и реализуются полностью	<b>Знать:</b> - современные вычислительные методы проектно-конструкторских расчетов холодильного и криогенного оборудования; <b>Уметь:</b> - осуществлять проектно-конструкторские работы в области машин и аппаратов, холодильной и криогенной техники; <b>Владеть:</b> - навыками применения современных вычислительных методов

**Целью** настоящих методических указаний являются рекомендации, которыми обучающийся может воспользоваться при подготовке к сдаче форм контроля по дисциплине «Гидравлика», при подготовке и сдаче зачета с оценкой, а также для самостоятельного углубления знаний по данной дисциплине.

### Введение

Дисциплина «Гидравлика» состоит из одного модуля и восьми тем. Обучающийся должен изучить теоретические сведения по темам, выполнить практические и лабораторные работы, расчетно-графическую (одну для заочной формы обучения, и две – для очной) работу для усвоения теории и завершить изучение модуля сдачей зачета с оценкой.

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
Модуль 1. Гидростатика								
Тема 1. Введение. История и перспективы развития гидравлики. Предмет, задачи и значение дисциплины в подготовке инженера. Методы гидравлики: <i>основы технической гидромеханики жидкости; уравнение неразрывности жидкости и газов; методы описания и виды движения жидкости</i>	1			5				15
Тема 2. Основные свойства жидкостей, плотность, объемный вес, сжимаемость, температурное расширение, вязкость, парообразование, явление кавитации, идеальная и реальная жидкости. Контрольно-измерительные приборы и устройства.	1		1	5				
Тема 3. <i>Гидростатика</i> : гидростатическое давление и его сила. Силы, действующие в жидкости. Основное уравнение гидростатики. <i>Уравнение Эйлера</i> . Геометрическое энергетическое понимание уравнения. Гидростатический напор. Абсолютное и вакуумметрическое давление. Приборы для измерения давления. <i>Закон Паскаля</i> и его практическое использование в технике. Относительный покой жидкости. Определение давления на стенки вращающегося сосуда. Поверхность равного давления, практическое применение.	2		2	6	1	1		

Тема 4. Взаимодействие покоящейся жидкости с твердой поверхностью. Сила давления жидкости на плоские стенки. Гидростатический парадокс. Эпюры давления. Силы давления жидкости на цилиндрические стенки. Тело давления	2		12	6		1		
Тема 5. Плавание тел в жидкости: закон Архимеда. Условие плавания тел. Плавучесть.	1			5				
Модуль 2. Гидродинамика								
Тема 1. Динамика невязкой (идеальной) жидкости. Виды движения жидкости. <i>Неустановившееся движение несжимаемой жидкости.</i> Основные понятия кинематики и динамики жидкости: элементарная струйка, поток жидкости, средняя скорость и расход. Уравнение расхода. <i>Модели сплошной среды. Уравнение Бернулли для моделей невязкой, вязкой, несжимаемой и сжимаемой жидкости при установившемся движении.</i> Динамика вязкой (реальной) жидкости. Общие сведения о режимах движения. Понятие пограничного слоя.	2		4	6	1			18
Тема 2. Общие сведения о гидравлических потерях. Графическое изображение уравнения Бернулли. Примеры практического использования уравнения Бернулли в технике.	1	1		6				5
Тема 3. Ламинарное течение жидкости в круглых трубах. Распределение скоростей по сечению. Начальный участок потока. Потери напора в трубопроводах. Турбулентное течение. Коэффициент Дарси. Влияние шероховатости стенок труб. Графики Никурадзе и Мурина. Местные гидравлические сопротивления. Потери напора. Коэффициент местных потерь. Взаимное влияние местных сопротивлений. Суммарные потери напора в системах трубопроводов. Гидравлический расчет	2			6		1		15



<p>трубопровода. Статистический и потребный напор. Характеристика трубопровода, кривые напора.</p> <p>Расчет трубопроводов: истечение в атмосферу и под уровень, сифон</p>								
<p>Тема 4. Истечение жидкости через отверстие при постоянном напоре. Коэффициент сжатия струи, скорости и расхода. Их зависимость от числа Рейнольдса. Истечение жидкости через насадки. Сравнительные характеристики насадок. Расчет времени опорожнения и заполнения цистерн и баков. Истечение при переменном напоре.</p>	2	2	12	6		1		15
<p>Тема 5. <i>Явление гидравлического удара в трубах. Формула Жуковского, понятие о волновых процессах в гидромагистралях гидроприводах. Ударное повышение давления. Скорость распространения ударной волны. Противоударные мероприятия. Общие вопросы гидродинамики. Основы теории гидродинамического подобия. Особенности моделирования гидравлических явлений. Взаимодействие потоков жидкостей с твердыми поверхностями. Сила взаимодействия струи на преграды. Силовое воздействие установившегося потока на неподвижную и движущуюся преграду.</i></p>	4			6				
<b>Итого:</b>	18		34	92	2	4	-	144

**Таблица 4. - Перечень практических работ**

№ п\п	Темы практических работ	Количество часов	
		Очная	Заочная
1	Расчет режимов течения жидкостей в трубе	2	
2	Расчет истечения капельных жидкостей	2	

3	Гидродинамика взвешенного слоя	2	
4	Перемешивание в жидкой среде	2	
5	Осаждение под действием силы тяжести	2	
6	Осаждение под действием центробежной силы	2	
7	Фильтрация	2	
8	Центрифугирование	2	2
	<b>Итого:</b>	16	2

### 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	Гидравлика, гидромашины и гидроприводы : учеб. для вузов / Т. М. Башта [и др.]. - 2-е изд., перераб., репр. воспр. 1982 г. - Москва : Альянс, 2013. - 422, [1] с. : ил. - Авт. указаны на обороте тит. л. - Библиогр.: с. 418	-	+	50
2	Плаксин Ю.М., Малахов Н.Н., Ларин В.А. Процессы и аппараты пищевых производств. – 2-е изд.. перераб. и доп. – М.: КолосС, 2008. – 760 с.: ил. – (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений).	-	+	25
3	Сборник задач по гидравлике : учеб. пособие для вузов. Ч. 1 / Н. А. Панчурин; под общ. ред. В. М. Маккавеева. - Изд. 2-е, испр. - Ленинград : Реч. трансп., 1956. - 200 с.	-	+	6
4	Сборник задач по гидравлике : учеб. пособие для вузов. Ч. 2 / А. В. Караушев, Н. А. Панчурин; под общ. ред. В. М. Маккавеева. - Ленинград : Реч. трансп., 1957. - 197	-	+	5
5	Остриков, А.Н. Процессы и аппараты пищевых производств : учебное пособие / А.Н. Остриков ; под редакцией А. Н. Острикова. —	+	-	-

	Санкт-Петербург : ГИОРД, 2012. — 616 с. — ISBN 978-5-98879-124-9. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/4887">https://e.lanbook.com/book/4887</a> . — Режим доступа: для авториз. пользователей			
<b>Дополнительная литература</b>				
6	Штеренлихт, Д. В. Гидравлика : учебник для вузов / Д. В. Штеренлихт. - 3-е изд., перераб. и доп. - Москва : КолосС, 2008. - 655 с. : ил. - (Учебники и учебные пособия для студентов высших учебных заведений).	-	+	19
7	Угинчус, А. А. Гидравлика и гидравлические машины : учеб. для вузов / А. А. Угинчус. - 4-е изд., перераб. - Харьков : Изд-во Харьк. ун-та, 1970. - 395 с. : ил.	-	+	101
8	Крохалёв, А.А. Гидравлика : учебное пособие / А.А. Крохалёв, А.Б. Шушпанников. — 2-е изд., перераб. и доп. — Кемерово : КемГУ, 2018. — 147 с. — ISBN 978-5-8353-2313-5. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/121236">https://e.lanbook.com/book/121236</a> . — Режим доступа: для авториз. пользователей.	+	-	-

## СОДЕРЖАНИЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ИЗУЧЕНИЮ ТЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

### Модуль 1. Гидростатика

**Тема 1.** Введение. История и перспективы развития гидравлики. Предмет, задачи и значение дисциплины в подготовке инженера. Методы гидравлики: *основы технической гидромеханики жидкости; уравнение неразрывности жидкости и газов; методы описания и виды движения жидкости.*

**Тема 2.** Основные свойства жидкостей, плотность, объемный вес, сжимаемость, температурное расширение, вязкость, парообразование, явление кавитации, идеальная и реальная жидкости. Контрольно-измерительные приборы и устройства

**Тема 3. Гидростатика:** гидростатическое давление и его сила. Силы, действующие в жидкости. Основное уравнение гидростатики. *Уравнение Эйлера*. Геометрическое энергетическое понимание уравнения. Гидростатический напор. Абсолютное и вакуумметрическое давление. Приборы для измерения давления. *Закон Паскаля* и его практическое использование в технике. Относительный покой жидкости. Определение давления на стенки вращающегося сосуда. Поверхность равного давления, практическое применение.

**Тема 4.** Взаимодействие покоящейся жидкости с твердой поверхностью. Сила давления жидкости на плоские стенки. Гидростатический парадокс. Эпюры давления. Силы давления жидкости на цилиндрические стенки. Тело давления.

**Тема 5.** Плавание тел в жидкости: закон Архимеда. Условие плавания тел. Плаучесть.

***Вопросы для самоконтроля:***

1. Какие методы гидравлики вы знаете?
2. Какие силы, действуют в жидкости?
3. Что такое абсолютное и вакуумметрическое давление?
4. Как влияют силы давления жидкости на цилиндрические стенки?
5. Что такое гидростатический парадокс?

**После изучения теоретического материала необходимо выполнить практические и лабораторные работы в соответствии с таблицами № 4, № 5.**

**Модуль 2. Гидродинамика**

**Тема 1.** Динамика невязкой (идеальной) жидкости. Виды движения жидкости. *Неустановившееся движение несжимаемой жидкости*. Основные понятия кинематики и динамики жидкости: элементарная струйка, поток жидкости, средняя скорость и расход. Уравнение расхода. *Модели сплошной среды. Уравнение Бернулли для моделей невязкой, вязкой, несжимаемой и сжимаемой жидкости при установившемся движении*. Динамика вязкой (реальной) жидкости. Общие сведения о режимах движения. Понятие пограничного слоя.

**Тема 2.** Общие сведения о гидравлических потерях. Графическое изображение уравнения Бернулли. Примеры практического использования уравнения Бернулли в технике.

**Тема 3.** Ламинарное течение жидкости в круглых трубах. Распределение скоростей по сечению. Начальный участок потока. Потери напора в трубопроводах. Турбулентное течение. Коэффициент Дарси. Влияние шероховатости стенок труб. Графики Никурадзе и Мурина. Местные гидравлические сопротивления. Потери напора. Коэффициент местных потерь. Взаимное влияние местных сопротивлений. Суммарные потери напора в системах трубопроводов. Гидравлический расчет трубопровода. Статистический и потребный напор. Характеристика трубопровода, кривые напора.

Расчет трубопроводов: истечение в атмосферу и под уровень, сифон

**Тема 4.** Истечение жидкости через отверстие при постоянном напоре. Коэффициент сжатия струи, скорости и расхода. Их зависимость от числа Рейнольдса. Истечение жидкости через насадки. Сравнительные характеристики насадок. Расчет времени опорожнения и заполнения цистерн и баков. Истечение при переменном напоре.

**Тема 5.** *Явление гидравлического удара в трубах. Формула Жуковского, понятие о волновых процессах в гидромагистралях гидроприводах.* Ударное повышение давления. Скорость распространения ударной волны. Противоударные мероприятия. Общие вопросы гидродинамики. Основы теории гидродинамического подобия. Особенности моделирования гидравлических явлений. Взаимодействие потоков жидкостей с твердыми поверхностями. Сила взаимодействия струи на преграды. *Силовое воздействие установившегося потока на неподвижную и движущуюся преграду.*

***Вопросы для самоконтроля:***

1. Какие виды движения жидкости вы знаете?
2. Что вы знаете о неустановившемся движении несжимаемой жидкости?
3. Как распределяется скорость по сечению?
4. Каковы суммарные потери напора в системах трубопроводов?
5. Что такое явление гидравлического удара в трубах?

**После изучения теоретического материала необходимо выполнить практические и лабораторные работы в соответствии с таблицами № 4, № 5. 2 РГР – очная форма обучения. 1 РГР – заочная форма обучения.**