

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

**«МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»**

Кафедра строительства,  
теплоэнергетики  
и транспорта

**Б1.О.14 ГИДРОГАЗОДИНАМИКА**

*Методические указания к самостоятельной работе  
по направлению подготовки  
13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» (уровень бакалавриата),  
профиль подготовки «Энергообеспечение предприятий»*

Мурманск  
2020

Составитель – Караченцева Яна Марсильевна, старший преподаватель кафедры строительства, теплоэнергетики и транспорта Мурманского государственного технического университета

Методические указания рассмотрены и одобрены кафедрой строительства, теплоэнергетики и транспорта

**ОГЛАВЛЕНИЕ**

ОБЩИЕ ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ.....	4
ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН.....	6
ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	8
СОДЕРЖАНИЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ИЗУЧЕНИЮ ТЕМ.....	9

## ОБЩИЕ ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Методические указания составлены на основе рабочей программы по дисциплине «Гидрогазодинамика», которая составлена на основе ФГОС ВО по направлению подготовки 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» (уровень бакалавриата), утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 28.02.2018 № 143 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника (уровень бакалавриата)», учебного плана в составе ОПОП по направлению подготовки 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника», направленности (профилю) «Энергообеспечение предприятий», 2019 года начала подготовки.

**Целью дисциплины** «Гидрогазодинамика» является формирование профессиональных знаний об основных законах и уравнениях статики и динамики жидкостей и газов, приобретение навыков инженерных расчетов.

**Основными задачами изучения дисциплины** являются:

- Формирование знаний об основных законах движения жидкостей и газов.
- Изучение методик расчета процессов, протекающих в теплотехнических установках.

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

**Знать:**

- основные законы гидрогазодинамики;
- режимы течения жидкостей и газов в теплоэнергетическом оборудовании.

**Уметь:**

- проводить измерения необходимых величин, обрабатывать результаты измерений и оценивать их погрешность;
- применять знания основ гидрогазодинамики для расчетов теплотехнических установок и систем.

**Владеть:**

- знаниями о движении жидкостей и газов;
- методами расчета процессов, протекающих в тепловых машинах.

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки/специальности 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» (уровень бакалавриата):

**Таблица 1 – Результаты обучения**

№ п/п	Код компетенции	Компоненты компетенции, степень их реализации	Этапы формирования компетенции (Индикаторы сформированности компетенций)
1	ОПК-3. Способен демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах.	Компоненты компетенции реализуются полностью	ИОПК-3.1 Демонстрирует понимание основных законов движения жидкости и газа ИОПК-3.2 Применяет знания основ гидрогазодинамики для расчетов теплотехнических установок и систем.
2	ОПК-5. Способен проводить измерения электрических и неэлектрических величин на	Компоненты компетенции реализуются	ИОПК-5.1 Выбирает средства измерения, проводит измерения электрических и

№ п/п	Код компетенции	Компоненты компетенции, степень их реализации	Этапы формирования компетенции (Индикаторы сформированности компетенций)
	объектах теплоэнергетики и теплотехники.	полностью	неэлектрических величин, обрабатывает результаты измерений и оценивает их погрешность.

## ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

Содержание разделов (модулей), тем дисциплины	Количество часов, выделяемых на виды учебной подготовки по формам обучения											
	Очная				Очно- заочная				Заочная			
	Л	ЛР	ПР	СР	Л	ЛР	ПР	СР	Л	ЛР	ПР	СР
<b>Тема 1. ВВОДНЫЕ СВЕДЕНИЯ.</b> Цели и задачи курса. Основные физические свойства жидкостей и газов. Виды жидкостей. Силы, действующие в жидкостях.	3	-	5	6	1	-	2	12	1	-	1	15
<b>Тема 2. ГИДРОСТАТИКА.</b> Давление в жидкости. Основное уравнение гидростатики. Закон Паскаля. Виды давлений. Приборы для измерения давления. Напор. Силы давления жидкости на поверхности. Эпюры гидростатического давления. Поверхности равного давления. Формы свободной поверхности жидкости. Абсолютный и относительный покой (равновесие) жидких сред.	4	3	15	6	2	2	8	12	1	2	2	20
<b>Тема 3. ГИДРОДИНАМИКА.</b> Основные понятия гидродинамики. Элементы потока жидкости. Виды движения жидкости. Уравнение неразрывности. Модель идеальной (невязкой) жидкости. Уравнение Бернулли. Пьезометрический и гидравлический уклоны. Практическое использование уравнения Бернулли.	5	6	5	6	2	4	3	12	1	2	1	20
<b>Тема 4. РЕЖИМЫ ТЕЧЕНИЯ ЖИДКОСТИ.</b> Уравнения Навье-Стокса и Рейнольдса. Число Рейнольдса, его физический смысл, критические числа Рейнольдса. Пульсация скорости. Коэффициент Кориолиса для ламинарного и турбулентного режимов. Одномерные потоки жидкостей и газов.	4	-	5	6	2	2	2	12	1	-	1	20
<b>Тема 5. ПОТЕРИ ЭНЕРГИИ ПРИ ДВИЖЕНИИ ЖИДКОСТИ.</b> Формулы Дарси-Вейсбаха и Шези. Коэффициент гидравлического трения. Гидравлически гладкие и шероховатые трубы. График Никурадзе. Формулы для нахождения коэффициента гидравлического трения. Местные сопротивления. Общие потери напора. Принцип наложения потерь давления.	4	6	4	6	2	2	3	12	1	-	1	20

Содержание разделов (модулей), тем дисциплины	Количество часов, выделяемых на виды учебной подготовки по формам обучения											
	Очная				Очно-заочная				Заочная			
	Л	ЛР	ПР	СР	Л	ЛР	ПР	СР	Л	ЛР	ПР	СР
<b>Тема 6. ИСТЕЧЕНИЕ ЖИДКОСТИ ЧЕРЕЗ ОТВЕРСТИЯ И НАСАДКИ.</b> Истечение жидкости через отверстия (через малое отверстие в тонкой стенке при постоянном напоре, донное отверстие в тонкой стенке, затопленное отверстие в тонкой стенке, большие отверстия). Виды сжатия. Коэффициент сжатия, расхода, скорости. Истечение жидкости через насадки. Типы насадков (коэффициенты расхода, скорости, сжатия, применение).	4	7	-	8	2	2	-	15	1	2	-	15
<b>Тема 7. ДВИЖЕНИЕ ЖИДКОСТИ В ТРУБОПРОВОДАХ.</b> Классификация и назначение трубопроводов. Кривые потребного напора. Характеристика трубопровода. Расчет простого трубопровода. Соединение трубопроводов. Расчет последовательных и параллельных трубопроводов. Виды расходов. Расчет последовательного трубопровода с раздочей расходов по пути.	5	-	-	8	3	-	-	15	1	-	-	20
<b>Тема 8. ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ УДАР И ЯВЛЕНИЕ КАВИТАЦИИ.</b> Скорость распространения ударной волны. Формула Жуковского. Противоударные мероприятия. Понятие кавитации. Места возникновения. Виды кавитации.	5	-	-	8	2	-	-	10	1	-	-	21
<b>ИТОГО</b>	<b>34</b>	<b>22</b>	<b>34</b>	<b>54</b>	<b>16</b>	<b>10</b>	<b>18</b>	<b>100</b>	<b>8</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>151</b>

**ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Гидравлика, гидромашины и гидроприводы : учеб. для втузов / 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 - ISBN 978-5-91872-007-3 : 665-00. 30.123 - Г 46 (количество экземпляров – 50).
2. Винников, В. А. Гидромеханика : учеб. для вузов / В. А. Винников, Г. Г. Каркашадзе. - Москва : Изд-во Моск. гос. гор. ун-та, 2003 - 301, [1] с. : ил. - (Высшее горное образование). - ISBN 5-7418-0245-1 : 279-00. 22.25 - В 48 (количество экземпляров – 47).
3. Калицун, В. И. Гидравлика, водоснабжение и канализация : учеб. пособие для вузов / В. И. Калицун, В. С. Кедров, Ю. М. Ласков. - 4-е изд., перераб. и доп. - Москва : Стройиздат, 2000 - 397 с. - ISBN 5-274-00833-X : 70-00. 38.76 - К 17 (количество экземпляров – 21).
4. Гидравлика, гидромашины и гидроприводы : учебник для вузов / [Т. М. Башта [и др.]]. - 2-е изд., перераб. - Москва : Машиностроение, 1982 - 423 с. : ил. - Авт. указаны на обороте тит. л. - 1-20. 30.123 - Г 46 (количество экземпляров – 34).
5. Рабинович, О. М. Сборник задач по технической термодинамике : учеб. пособие для техникумов / О. М. Рабинович. - Изд. 5-е, перераб. - Москва : Альянс, 2015 - 344 с. + [1] отд. л. диагр. - ISBN 978-5-91842-085-1 : 640-00. 31.3 - Р 12 (количество экземпляров – 49).
6. Карпов, К.А. Прикладная гидрогазодинамика : учебное пособие / К.А. Карпов, Р.О. Олехнович. — Санкт-Петербург : Лань, 2018 — 100 с. — ISBN 978-5-8114-3180-9. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная <https://e.lanbook.com/book/107938> (дата обращения: 13.02.2019). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

## СОДЕРЖАНИЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ИЗУЧЕНИЮ ТЕМ

### Тема 1. Вводные сведения

Цели и задачи курса. Основные физические свойства жидкостей и газов. Виды жидкостей. Силы, действующие в жидкостях.

Вопросы для самопроверки:

1. Виды жидкостей.
2. Какими свойствами обладает жидкость?
3. Как определяется плотность, удельный вес и объем? Единицы измерения данных величин.
4. Чем характеризуется сжимаемость и расширяемость жидкостей?
5. Почему в формуле для определения коэффициента сжимаемости знак «-»?
6. Как влияет на коэффициенты сжимаемости и расширяемости жидкостей давление и температура?
7. Что такое вязкость? Виды вязкости. Единицы измерения вязкости. Обладает ли идеальная жидкость вязкостью?
8. Как температура (давление) влияет на изменение вязкости?
9. Какими свойствами обладает идеальная жидкость?
10. Изобразите эпюру скоростей для потока жидкости.
11. Как зависит давление насыщенных паров от температуры жидкости?
12. Чем характеризуется растворимость газов в жидкости?
13. Какие силы действуют в жидкости? Единицы измерения данных величин.

Литература: [1], [2], [3], [4], [5], [6]

### Тема 2. Гидростатика

Давление в жидкости. Основное уравнение гидростатики. Закон Паскаля. Виды давлений. Приборы для измерения давления. Напор. Силы давления жидкости на поверхности. Эпюры гидростатического давления. Поверхности равного давления. Формы свободной поверхности жидкости. Абсолютный и относительный покой (равновесие) жидких сред.

Вопросы для самопроверки:

1. Гидростатическое давление, его свойства.
2. Основное уравнение гидростатики.
3. Закон Паскаля. Практическое применение закона Паскаля. Гидравлический пресс.
4. Что такое поверхность равного давления? Что такое свободная поверхность жидкости? Является ли свободная поверхность жидкости поверхностью равного давления?
5. Дайте определение вакуума. В каком диапазоне изменяется значение вакуума? Почему вакуум не может быть больше 1 ат? Может ли абсолютное давление жидкости быть меньше нуля?
6. В чем заключается «гидростатический парадокс»?
7. Эпюры гидростатического давления на вертикальную стенку, наклонную стенку, стенку, разделяющую две разнородные (однородные) жидкости.
8. Как определяется горизонтальная составляющая силы гидростатического давления на криволинейную поверхность?
9. Как определяется вертикальная составляющая силы гидростатического давления на криволинейную поверхность?

10. Как определяется равнодействующая составляющая силы гидростатического давления на криволинейную поверхность?

11. Формула для определения силы давления в общем виде. В чем различие между давлением и силой давления?

Литература: [1], [2], [3], [4], [6]

### Тема 3. Гидродинамика

Основные понятия гидродинамики. Элементы потока жидкости. Виды движения жидкости. Уравнение неразрывности. Модель идеальной (невязкой) жидкости. Уравнение Бернулли. Пьезометрический и гидравлический уклоны. Практическое использование уравнения Бернулли.

Вопросы для самопроверки:

1. Уравнение Бернулли для струйки идеальной и реальной жидкости. Чем они отличаются?

2. В чем энергетический и геометрический смысл уравнения Бернулли?

3. Графическое изображение уравнений Бернулли для струйки идеальной и реальной жидкостей. В каком случае напорная линия будет горизонтальной прямой, а в каком наклонной?

4. Уравнение Бернулли для потока реальной жидкости. Что характеризует коэффициент Кориолиса? Одинаково ли его значение для ламинарного и турбулентного режимов? Почему?

5. Графическое изображение уравнения Бернулли для потока реальной жидкости.

6. От чего зависит значение коэффициента Кориолиса в уравнении Бернулли.

7. Что называют гидравлическим, пьезометрическим и геометрическим уклоном, и как они могут изменяться?

8. Практическое применение уравнения Бернулли.

Литература: [1], [2], [3], [4], [6]

### Тема 4. Режимы течения жидкости

Уравнения Навье-Стокса и Рейнольдса. Число Рейнольдса, его физический смысл, критические числа Рейнольдса. Пульсация скорости. Коэффициент Кориолиса для ламинарного и турбулентного режимов. Одномерные потоки жидкостей и газов.

Вопросы для самопроверки:

1. Режимы движения жидкости.

2. При каком числе Рейнольдса происходит переход от одного режима движения к другому?

3. Какие существуют виды критического числа Рейнольдса, и какое из них является истинным? Почему?

4. Изобразите эпюру скоростей для трубы круглого сечения при ламинарном и турбулентном режиме. В чем их отличие? Чем его можно объяснить?

5. Строение турбулентного потока.

Литература: [1], [2], [3], [4], [6]

### Тема 5. Потери энергии при движении жидкости

Формулы Дарси-Вейсбаха и Шези. Коэффициент гидравлического трения. Гидравлически гладкие и шероховатые трубы. График Никурадзе. Формулы для нахождения коэффициента гидравлического трения. Местные сопротивления. Общие потери напора. Принцип наложения потерь давления.

Вопросы для самопроверки:

1. Виды потерь энергии.
2. Из каких «областей» состоит график Никурадзе по определению коэффициента гидравлического трения при движении жидкости.
3. В каких зонах график Никурадзе коэффициент гидравлического трения зависит от числа Рейнольдса, от числа Рейнольдса и относительной шероховатости, от значений относительной шероховатости? По каким формулам он вычисляется?
4. Будут ли отличаться формулы для нахождения коэффициента гидравлического трения при ламинарном и турбулентном режимах?
5. Виды шероховатостей.
6. Какие трубы называются «гидравлически гладкими»?
7. Какие трубы называются «гидравлически шероховатыми»?
8. Может ли быть одна труба гидравлически гладкой и шероховатой?
9. Что представляет собой коэффициент эквивалентной шероховатости? В каких единицах он измеряется?
10. Всегда ли при нахождении общих потерь энергии можно суммировать значения местных потерь и потерь по длине? Если нет, то в каком случае, и каким образом можно определить общие потери?

Литература: [1], [2], [3], [4], [6]

### Тема 6. Истечение жидкости через отверстия и насадки

Истечение жидкости через отверстия (через малое отверстие в тонкой стенке при постоянном напоре, донное отверстие в тонкой стенке, затопленное отверстие в тонкой стенке, большие отверстия). Виды сжатия. Коэффициент сжатия, расхода, скорости. Истечение жидкости через насадки. Типы насадков (коэффициенты расхода, скорости, сжатия, применение).

Вопросы для самопроверки:

1. Что такое малое отверстие?
2. Перечислите виды сжатия.
3. Какими коэффициентами характеризуется истечение через отверстия и насадки?
4. Типы насадков.

Литература: [1], [2], [3], [4], [6]

### Тема 7. Движение жидкости в трубопроводах

Классификация и назначение трубопроводов. Кривые потребного напора. Характеристика трубопровода. Расчет простого трубопровода. Соединение трубопроводов. Расчет последовательных и параллельных трубопроводов. Виды расходов. Расчет последовательного трубопровода с раздацией расходов по пути.

Вопросы для самопроверки:

1. Что такое характеристика трубопровода?
2. В чем особенность расчета сифонного трубопровода?
3. Основные элементы расчета последовательных трубопроводов.

Литература: [1], [2], [3], [4], [6]

### **Тема 8. Гидравлический удар и явление кавитации**

Скорость распространения ударной волны. Формула Жуковского. Противоударные мероприятия. Понятие кавитации. Места возникновения. Виды кавитации.

Вопросы для самопроверки:

1. Что такое кавитация?
2. Что такое гидравлический удар, в каких случаях он возникает? Методы его предотвращения.

Литература: [1], [2], [3], [4], [6]