

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  
«Гидравлические машины и системы»  
для обучающихся по направлению подготовки 15.03.02  
«Технологические машины и оборудование»  
бакалаврская программа: «Пищевая инженерия малых  
предприятий»**

Мурманск

2020

Методические указания для самостоятельного изучения дисциплины «Гидравлические машины и системы» 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 «Гидравлические машины и системы» составлены на основе ФГОС ВО по направлению подготовки (специальности) 15.03.02 «Технологические машины и оборудование» направленности (профилю)/специализации «Пищевая инженерия малых предприятий», утвержденного 20.10. 2015 г, № 1170 УП, утвержденного Ученым советом МГТУ 27.03.2020, протокол № 8 и предназначены для обучающихся по направлению подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование», направленность/специализация: «Пищевая инженерия малых предприятий».

**Целью дисциплины** является формирование компетенций в соответствии с квалификационной характеристикой бакалавра и учебным планом для специальности 15.03.02 «Технологические машины и оборудование».

**Задачи дисциплины:** состоят в формировании умений и навыков по следующим направлениям профессиональной деятельности: общие сведения о гидромашинах и их классификации. Основные уравнения турбомашин Эйлера. Основы теории подобия. Осевые насосы. Поршневые насосы. Процессы всасывания и нагнетания с пневмокомпенсаторами. Гидротурбины. Компрессоры.

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:**

общие сведения о гидромашинах и их классификации. Основные уравнения турбомашин Эйлера. Основы теории подобия. Осевые насосы. Поршневые насосы. Процессы всасывания и нагнетания с пневмокомпенсаторами. Гидротурбины. Компрессоры

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

**Формы отчетности:**

Очная форма обучения: семестр 6 – зачет, к/р.

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

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

Процесс изучения дисциплины «Гидравлические машины и системы» направлен на формирование компетенций в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование», представленных в таблице 1.

**Таблица 1 – Компетенции, формируемые дисциплиной «Гидравлические машины и системы»**

| № п/п | Код и содержание компетенции   | Степень реализации компетенции    | Этапы формирования компетенции<br>(Индикаторы сформированности компетенций)   |
|-------|--|-----------------------------------|---|
| 1.    | ПК-1 - способностью к систематическому изучению научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по соответствующему профилю подготовки | Компетенция реализуется полностью | <p><b>Знать:</b> основные нормативные документы, используемые в деятельности.</p> <p><b>Уметь:</b> применять навыки в практической деятельности.</p> <p><b>Обладать:</b> навыками систематического изучения научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по соответствующему профилю подготовки.</p> |
| 2.    | ПК-4 - способностью участвовать в работе над инновационными проектами, используя базовые методы исследовательской деятельности                           | Компетенция реализуется полностью | <p><b>Знать:</b> основные нормативные документы, используемые в деятельности.</p> <p><b>Уметь:</b> применять навыки в практической деятельности.</p> <p><b>Обладать:</b> навыками участия в работе над инновационными проектами, используя базовые методы исследовательской деятельности.</p>                             |

#### 4. Планируемые результаты обучения по дисциплине «Гидравлические машины и системы»

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<br>(Индикаторы сформированности компетенций)  |
|-------|--|-----------------------------------|--|
| 1.    | ПК-1 - способностью к систематическому изучению научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по соответствующему профилю подготовки | Компетенция реализуется полностью | <b>Знать:</b> основные нормативные документы, используемые в деятельности.<br><b>Уметь:</b> применять навыки в практической деятельности.<br><b>Обладать:</b> навыками систематического изучения научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по соответствующему профилю подготовки. |
| 2.    | ПК-4 - способностью участвовать в работе над инновационными проектами, используя базовые методы исследовательской деятельности                           | Компетенция реализуется полностью | <b>Знать:</b> основные нормативные документы, используемые в деятельности.<br><b>Уметь:</b> применять навыки в практической деятельности.<br><b>Обладать:</b> навыками участия в работе над инновационными проектами, используя базовые методы исследовательской деятельности.                             |

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

### Введение

Дисциплина «Гидравлические машины и системы» состоит из одного модуля и девяти тем. Обучающийся должен изучить теоретические сведения по темам, выполнить практические работы, 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<br>(модулей),<br>тем дисциплины   | Количество часов,<br>выделяемых на виды<br>учебной работы<br>по формам обучения |    |    |    |         |    |        |    |
|---|---|----|----|----|---------|----|--------|----|
|   | Очная   |    |    |    | Заочная |    |        |    |
|   | Л   | ЛР | ПР | СР | Л       | ЛР | П<br>Р | СР |
| 1   | 2   | 3  | 4  | 5  | 6       | 7  | 8      | 9  |
| Модуль 1  |   |    |    |    |         |    |        |    |
| <i>Тема 1. Введение. Общие сведения о гидромашинах и их классификации.</i><br>Лопастные насосы. Основные рабочие параметры насосов. Классификация лопастных насосов. Центробежные насосы. Устройство и принцип действия центробежного насоса. Основные детали центробежного насоса. Движением жидкости через каналы рабочего колеса центробежного насоса.   | 2   | 0  | 5  | 8  | 0,2     | 0  | 0      | 11 |
| <i>Тема 2. Основные уравнения турбомашин Эйлера.</i> Составляющие части теоретического напора рабочего колеса. Зависимость теоретического напора от подачи насоса. Влияние угла выхода из рабочего колеса на величину и составляющие части теоретического напора. Влияние конечного тела лопаток на величину теоретического напора. Мощность и КПД центробежных насосов. Теоретическая и действительная комплексная рабочая характеристика центробежного насоса.  | 2   | 0  | 0  | 8  | 0,3     | 0  | 0      | 11 |
| <i>Тема 3. Основы теории подобия.</i> Универсальная характеристика центробежного насоса. Кавитация в центробежных насосах. Сущность кавитационных явлений. Определение критического кавитационного запаса. Определение допустимой высоты всасывания насоса. Пути повышения кавитационных качеств насоса. Работа центробежного насоса на трубопроводную сеть. Устойчивость работы центробежного насоса. Совместная работа центробежных насосов на трубопровод. Регулирование работы центробежных насосов. Воздействие на коммуникацию. Воздействие на привод насоса. Воздействие на конструкцию насоса. Работа центробежных насосов на вязких жидкостях. | 2   | 0  | 0  | 8  | 0,2     | 0  | 0      | 11 |
| <i>Тема 4. Осевые насосы.</i> Устройство и принцип действия осевого насоса. Основные показатели работы осевого насоса. Рабочая характеристика осевого насоса. Выбор насосов. Объемные насосы. Классификация объемных насосов.   | 2   | 0  | 4  | 8  | 0,3     | 0  | 0      | 11 |
| <i>Тема 5. Поршневые насосы.</i> Принцип действия и классификация поршневых насосов. Идеальная и действительная подача поршневых насосов. Закон движения поршня приводного насоса. Неравномерность подачи поршневых насосов. Процессы всасывания и нагнетания жидкости в поршневом насосе. Графическое представление изменения напоров в цилиндре насоса. Условия нормальной работы поршневого насоса. Теоретический цикл работы поршневого   | 2   | 0  | 4  | 8  | 0,2     | 0  | 2      | 11 |

|  |    |   |    |    |     |   |   |   |     |
|--|----|---|----|----|-----|---|---|---|-----|
| насоса.  |    |   |    |    |     |   |   |   |     |
| <i>Тема 6. Процессы всасывания и нагнетания с пневмокомпенсаторами.</i> Расчет пневмокомпенсаторов. Мощность и КПД поршневого насоса. Испытание поршневого насоса. Рабочие характеристики поршневых насосов. Регулирование подачи поршневых насосов. Клапаны поршневых насосов. Назначение, устройство клапанов и требования предъявляемые к ним. Основы теории работы клапанов. Безударная работа клапанов. Роторные насосы. Шестеренные насосы. Винтовые насосы. Пластинчатые насосы. Радиально- и аксиально – поршневые насосы. | 2  | 0 | 4  | 8  | 0,3 | 0 | 0 | 0 | 11  |
| <i>Тема 7. Гидротурбины.</i> Основные показатели гидротурбин. Устройство и классификация турбин. Турбина турбобура. Движение жидкости в каналах турбины. Число оборотов ротора турбины. Определение вращающего момента гидротурбины. Коэффициенты турбинных решеток. Перепад давления в турбине турбобура. Мощность и КПД турбин турбобура. Комплексная рабочая характеристика турбины турбобура. Подобие гидравлических турбин.   | 2  | 0 | 0  | 8  | 0,2 | 0 | 0 | 0 | 11  |
| <i>Тема 8. Компрессоры.</i> Классификация компрессоров. Применение компрессоров. Основные рабочие параметры компрессоров. Поршневые компрессоры и их классификация. Работа совершаемая поршнем за один цикл. Производительность и подача поршневого компрессора. Многоступенчатая стадия. Мощность и КПД поршневого компрессора. Ротационные компрессоры. Пластинчатый ротационный компрессор. Жидкостно-кольцевой компрессор.   | 2  | 0 | 0  | 9  | 0,2 | 0 | 0 | 0 | 11  |
| <i>Тема 9. Лопастные компрессоры.</i> Подача лопастных компрессоров. Мощность и КПД лопастных компрессоров. Рабочая характеристика лопастных компрессоров. Параллельная и последовательная работа лопастных компрессоров. Регулирование лопастных компрессоров. Особенности эксплуатации лопастных компрессоров.   | 1  | 0 |    | 9  | 0,1 | 0 |   |   | 12  |
| Подготовка к промежуточной аттестации  |    |   |    |    |     |   |   |   | 4   |
| <b>Итого:</b>  | 17 | 0 | 17 | 74 | 2   | 0 | 2 | 2 | 100 |

**Таблица 4. - Перечень практических работ**

| №<br>п/п | Темы практических работ                                      | Количество часов |         |
|----------|--|------------------|---------|
|          |  | Очная            | Заочная |
| 1        | 2  | 3                | 4       |
| 1        | Изучение устройства и принцип действия центробежного насоса. | 5                | 2       |
| 2        | Изучение устройства и принцип действия осевого насоса.       | 4                |         |

|               |   |    |   |
|---------------|---|----|---|
| 3             | Изучение устройства и принцип действия поршневого насоса. | 4  |   |
| 4             | Изучение устройства и принцип действия роторного насоса.  | 4  |   |
| <b>Итого:</b> |   | 17 | 2 |

**Таблица 5- Перечень лабораторных работ**

| №<br>п\п | Наименование лабораторных работ      | Количество часов |         |
|----------|--------------------------------------|------------------|---------|
|          |                                      | Очная            | Заочная |
| 1        | 2                                    | 3                | 4       |
|          | Лабораторные работы не предусмотрены |                  |         |

**Контрольная работа** «Определение мощности, потребляемой насосом, подачи насоса, рабочего объема, построение характеристик центробежных насосов при различной частоте вращения».

**к/р № 2 (для заочного обучения)** «Определение мощности, потребляемой насосом, подачи насоса, рабочего объема, построение характеристик поршневых насосов при различной частоте вращения».

**Перечень примерных тем курсовой работы /проекта**

Не предусмотрены.

**СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

**Основная литература**

| №<br>п\п | Библиографическое описание*<br>(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>Гидравлика, гидромашины и гидроприводы</b> : 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. - ISBN 978-5-91872-007-3 : 665-00. 30.123 - Г 46   | -                                     | +                                  | 50                                       |
| 3.       | <b>Черкасский, В. М.</b> Насосы. Вентиляторы. Компрессоры : учебник для теплоэнергет. специальностей вузов / В. М. Черкасский. - Москва : Энергия, 1977. - 421, [1] с. - Библиогр.: с. 416-417. - 1-30. 39.459 - Ч-48  | -                                     | +                                  | 6  |

**Дополнительная литература**

| № | Библиографическое описание* | Наличие |
|---|-----------------------------|---------|
|---|-----------------------------|---------|



| п\п | (название литературного источника)   | Электронно-библиотечная система (ЭБС) | Библиотека МГТУ (печатное издание) | Количество экземпляров в печатном издании |
|-----|--|---------------------------------------|------------------------------------|---|
| 1.  | <b>Горбатов, А. В.</b> Гидравлика и гидравлические машины для пластично-вязких мясных и молочных продуктов : учеб. пособие для вузов / А. В. Горбатов, В. Д. Косой, Я. И. Виноградов. - Москва : Агропромиздат, 1991. - 176 с. : ил. - ISBN 5-10-001723-6 : 8-00. 36.92 - Г 67 | -                                     | +                                  | 2   |
| 2.  | <b>Задачник по гидравлике, гидромашинам и гидроприводу</b> : учеб. пособие для вузов / Б. Б. Некрасов, И. В. Фатеев, Ю. А. Беленков [и др.] ; под ред. Б. Б. Некрасова. - Москва : Высш. шк., 1989. - 192 с. : ил. - ISBN 5-06-000145-8 : 0-47 ; 14-00 ; 6-38. 30.123 - 3-15   | -                                     | +                                  | 26  |

## СОДЕРЖАНИЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ИЗУЧЕНИЮ ТЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

### Модуль 1.

**Тема 1.** *Введение. Общие сведения о гидромашинах и их классификации.* Лопастные насосы. Основные рабочие параметры насосов. Классификация лопастных насосов. Центробежные насосы. Устройство и принцип действия центробежного насоса. Основные детали центробежного насоса. Движением жидкости через каналы рабочего колеса центробежного насоса.

**Тема 2.** *Основные уравнения турбомашин Эйлера.* Составляющие части теоретического напора рабочего колеса. Зависимость теоретического напора от подачи насоса. Влияние угла выхода из рабочего колеса на величину и составляющие части теоретического напора. Влияние конечного тела лопаток на величину теоретического напора. Мощность и КПД центробежных насосов. Теоретическая и действительная комплексная рабочая характеристика центробежного насоса.

#### **Вопросы для самоконтроля:**

1. Устройство и принцип действия центробежного насоса.
2. Как классифицируются лопастные насосы?
3. Что такое составляющие части теоретического напора рабочего колеса?
4. Как влияет конечное тело лопаток на величину теоретического напора?
5. Что такое теоретическая и действительная комплексная рабочая характеристика центробежного насоса?

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

**Тема 3. Основы теории подобия.** Универсальная характеристика центробежного насоса. Кавитация в центробежных насосах. Сущность кавитационных явлений. Определение критического кавитационного запаса. Определение допустимой высоты всасывания насоса. Пути повышения кавитационных качеств насоса. Работа центробежного насоса на трубопроводную сеть. Устойчивость работы центробежного насоса. Совместная работа центробежных насосов на трубопровод. Регулирование работы центробежных насосов. Воздействие на коммуникацию. Воздействие на привод насоса. Воздействие на конструкцию насоса. Работа центробежных насосов на вязких жидкостях.

**Тема 4. Осевые насосы.** Устройство и принцип действия осевого насоса. Основные показатели работы осевого насоса. Рабочая характеристика осевого насоса. Выбор насосов. Объемные насосы. Классификация объемных насосов.

**Вопросы для самоконтроля:**

1. *Основы теории подобия.*
2. Что такое универсальная характеристика центробежного насоса?
3. Что такое рабочая характеристика осевого насоса?
4. Как осуществляется выбор насосов?

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

**Тема 5. Поршневые насосы.** Принцип действия и классификация поршневых насосов. Идеальная и действительная подача поршневых насосов. Закон движения поршня приводного насоса. Неравномерность подачи поршневых насосов. Процессы всасывания и нагнетания жидкости в поршневом насосе. Графическое представление изменения напоров в цилиндре насоса. Условия нормальной работы поршневого насоса. Теоретический цикл работы поршневого насоса.

**Тема 6. Процессы всасывания и нагнетания с пневмокомпенсаторами.** Расчет пневмокомпенсаторов. Мощность и КПД поршневого насоса. Испытание поршневого насоса. Рабочие характеристики поршневых насосов.

Регулирование подачи поршневых насосов. Клапаны поршневых насосов. Назначение, устройство клапанов и требования предъявляемые к ним. Основы теории работы клапанов. Безударная работа клапанов. Роторные насосы. Шестеренные насосы. Винтовые насосы. Пластинчатые насосы. Радиально- и аксиально – поршневые насосы.

***Вопросы для самоконтроля:***

1. Какой принцип действия и классификация поршневых насосов?
2. Что вы знаете о рабочих характеристиках поршневых насосов?
3. Как осуществляются идеальная и действительная подача поршневых насосов?
4. Каковы условия нормальной работы поршневого насоса?
5. Как осуществляется регулирование подачи поршневых насосов?

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

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

**Тема 7. Гидротурбины.** Основные показатели гидротурбин. Устройство и классификация турбин. Турбина турбобура. Движение жидкости в каналах турбины. Число оборотов ротора турбины. Определение вращающего момента гидротурбины. Коэффициенты турбинных решеток. Перепад давления в турбине турбобура. Мощность и КПД турбин турбобура. Комплексная рабочая характеристика турбины турбобура. Подобие гидравлических турбин.

**Тема 8. Компрессоры.** Классификация компрессоров. Применение компрессоров. Основные рабочие параметры компрессоров. Поршневые компрессоры и их классификация. Работа совершаемая поршнем за один цикл. Производительность и подача поршневого компрессора. Многоступенчатая стадия. Мощность и КПД поршневого компрессора. Ротационные компрессоры. Пластинчатый ротационный компрессор. Жидкостно-кольцевой компрессор.

**Тема 9.** Лопастные компрессоры. Подача лопастных компрессоров. Мощность и КПД лопастных компрессоров. Рабочая характеристика лопастных компрессоров. Параллельная и последовательная работа

лопастных компрессоров. Регулирование лопастных компрессоров.  
Особенности эксплуатации лопастных компрессоров.

***Вопросы для самоконтроля:***

1. Что вы знаете об основных показателях гидротурбин?
2. Что такое комплексная рабочая характеристика турбины турбобура?
3. Как осуществляется работа совершаемая поршнем за один цикл?
4. Какие особенности эксплуатации лопастных компрессоров?

**Зачет после защиты практических работ.**