

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о документе:

ФИО: Бенин Дмитрий Михайлович

Должность: директор института мелиорации, водного хозяйства и

строительства имени А.Н. Костякова

Дата подписания: 15.05.2023 20:15:43

Уникальный программный ключ:

dcb6dc8315334aed86f2a7c3a0ce2cf217be1e29



**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

**«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ –**

**МСХА имени К.А. ТИМИРЯЗЕВА»**

**(ФГБОУ ВО РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева)**

Институт мелиорации, водного хозяйства и строительства  
имени А.Н. Костякова

Кафедра сельскохозяйственного водоснабжения, водоотведения, насосов и  
насосных станций

УТВЕРЖДАЮ:

И. о директора института  
мелиорации, водного хозяйства и  
строительства имени А.Н.  
Костякова

Бенин Д.М.



“ 26 ”

2022 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Б1.В.ДВ.03.01 Моделирование насосов и насосных агрегатов**

(индекс и наименование дисциплины по учебному плану)

для подготовки бакалавров

ФГОС ВО

Направление: 20.03.02 Природообустройство и водопользование

Направленность: Цифровизация инженерной инфраструктуры (систем водо-  
снабжения и водоотведения)

Курс 3

Семестр 5

Форма обучения: очная


Год начала подготовки: 2022 г.

Москва, 202\_\_

Разработчик (и): Али М.С., к.т.н., доцент  
(ФИО, ученая степень, ученое звание)

  
«22» 08 2022г.

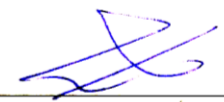
Рецензент: Ханов Н. В., профессор д.т.н  
(ФИО, ученая степень, ученое звание)

  
«22» 08 2022г.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО, профессионального стандарта и учебного плана по направлению 20.03.02 «Природообустройство и водопользование»

Программа обсуждена на заседании кафедры сельскохозяйственного водоснабжения, водоотведения, насосов и насосных станций протокол № 11 от «22» 08 2022г.

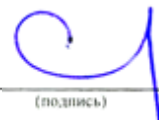
Зав. кафедрой Али М.С., к.т.н., доцент  
(ФИО, ученая степень, ученое звание)

  
(подпись)  
«22» 08 2022г.

**Согласовано:**

Председатель учебно-методической комиссии  
института мелиорации, водного хозяйства и строительства  
им. А.Н. Костякова


Смирнов А.П., к.т.н., доцент  
(ФИО, ученая степень, ученое звание)

  
(подпись)  
«24» 08 2022г.

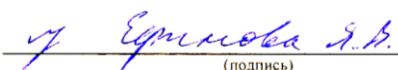
протокол № 9

Заведующий выпускающей кафедрой сельскохозяйственного водоснабжения, водоотведения, насосов и насосных станций

Али М.С., к.т.н., доцент  
(ФИО, ученая степень, ученое звание)

  
(подпись)  
«22» 08 2022г.

Заведующий отделом комплектования ЦНБ

  
(подпись)

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>АННОТАЦИЯ</b> .....	<b>4</b>
<b>1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ</b> .....	<b>5</b>
<b>2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ</b> .....	<b>5</b>
<b>3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ</b> .....	<b>6</b>
<b>4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ</b> .....	<b>6</b>
4.1 РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТРУДОЁМКОСТИ ДИСЦИПЛИНЫ ПО ВИДАМ РАБОТ .....	6
ПО СЕМЕСТРАМ.....	6
4.2 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....	8
4.3 ЛЕКЦИИ/ЛАБОРАТОРНЫЕ/ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ .....	10
<b>5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ</b> .....	<b>14</b>
<b>6. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ</b> .....	<b>15</b>
6.1. ТИПОВЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ ИЛИ ИНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ И НАВЫКОВ И (ИЛИ) ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ .....	15
<b>ХАРАКТЕРИСТИКА ТРУБОПРОВОДА</b> .....	<b>23</b>
6.2. ОПИСАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И КРИТЕРИЕВ КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ОПИСАНИЕ ШКАЛ ОЦЕНИВАНИЯ.....	26
<b>7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ</b> .....	<b>27</b>
7.1 ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА .....	27
7.2 ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА .....	28
7.3 НОРМАТИВНЫЕ ПРАВОВЫЕ АКТЫ .....	28
7.4 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ, РЕКОМЕНДАЦИИ И ДРУГИЕ МАТЕРИАЛЫ К ЗАНЯТИЯМ .....	28
<b>8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)</b> .....	<b>28</b>
<b>9. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ</b> .....	<b>28</b>
<b>10. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)</b> .....	<b>29</b>
<b>11. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ СТУДЕНТАМ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ</b> .....	<b>30</b>
Виды и формы отработки пропущенных занятий.....	32
<b>12. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПРЕПОДАВАТЕЛЯМ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ</b> .....	<b>32</b>

## АННОТАЦИЯ

**рабочей программы учебной дисциплины  
Б1.В.ДВ.03.01 «Моделирование насосов и насосных агрегатов» для подго-  
товки бакалавра по направлению 20.03.02 -Природообустройство и водо-  
пользование, направленность «Цифровизация инженерной инфраструкту-  
ры (систем водоснабжения и водоотведения)»**

**Цель освоения дисциплины:** ознакомиться с насосом как гидромаши-  
ной, конструкцией и характеристиками новейших типов насосов и насосных  
установок, теорией их работы и гидравлических процессов передачи энергии в  
агрегате; определением параметров, необходимых при проектировании насос-  
ных станций; способов выбора; условиями применения насосов, их достоин-  
ствами и недостатками, вопросами эксплуатации

**Место дисциплины в учебном плане:** дисциплина включена в вари-  
ативную часть учебного плана по направлению подготовки природообустрой-  
ство и водопользование, 5 семестр.

**Требования к результатам освоения дисциплины:** в результате освое-  
ния дисциплины формируются компетенции: ПКос-1 (индикатор достижения  
компетенции ПКос-1.1; ПКос-1.2), ПКос-9 (индикатор достижения компетен-  
ции ПКос-9.1)

**Краткое содержание дисциплины:** классификация и конструкция насо-  
сов. Область применения. Схемы насосных установок, требуемый напор насоса,  
напор по показаниям приборов. Напор насоса, формула Эйлера, теория подобия  
лопастных насосов, формулы подобия. Характеристики насоса. Работа системы  
насос-трубопровод. Качественное и количественное регулирование. Парал-  
лельная и последовательная работа насосов. Кавитация в лопастных насосах.  
Кавитационные испытания.

**Общая трудоемкость дисциплины** 3 зач. ед., 108 час.

**Итоговый контроль по дисциплине** – зачет/ РГР

## **1. Цель освоения дисциплины**

Целью освоения дисциплины «Моделирование насосов и насосных агрегатов»: является ознакомиться с насосом как гидромашинной, конструкцией и характеристиками новейших типов насосов и насосных установок, теорией их работы и гидравлических процессов передачи энергии в агрегате; определением параметров, необходимых при проектировании насосных станций; способами выбора; условиями применения насосов, их достоинствами и недостатками, вопросами эксплуатации.

В результате изучения дисциплины будущий бакалавр должен быть подготовлен к практической реализации полученных знаний, использовать их при проектировании и эксплуатации насосных станции с применением новейших технологий и быть способным к самообучению.

## **2. Место дисциплины в учебном процессе**

Дисциплина «Моделирование насосов и насосных агрегатов» включена в обязательный перечень дисциплин учебного плана вариативной части, дисциплин по выбору. Дисциплина «Моделирование насосов и насосных агрегатов» реализуется в соответствии с требованиями ФГОС, ОПОП ВО и Учебного плана по направлению 20.03.02 «Природообустройство и водопользование» по направленности подготовки «Цифровизация инженерной инфраструктуры (систем водоснабжения и водоотведения)».

Предшествующими курсами, на которых непосредственно базируется дисциплина «Моделирование насосов и насосных агрегатов» являются «Математика», «Физика», «Материаловедение и технологии конструкционных материалов», «Гидравлика», «Инженерные изыскания для строительства систем водоснабжения и водоотведения».

Дисциплина «Моделирование насосов и насосных агрегатов» является основополагающей для изучения следующих дисциплин: «Насосные установки систем водоснабжения и водоотведения», «Проектирование систем водоснабжения и водоотведения», «Эксплуатация и мониторинг систем и сооружений», «Реконструкция систем сельскохозяйственного водоснабжения и водоотведения», «Водозаборные сооружения поверхностных и подземных вод», «Строительство систем сельскохозяйственного водоснабжения и водоотведения», «Водоотведение и очистка сточных вод», «Научно-исследовательская работа», и подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена.

Особенностью дисциплины является получать и обрабатывать информацию из различных источников, используя различные средства и методы, интерпретировать полученные данные для формирования суждений по профессиональным и социальным проблемам, а также стремиться соответствовать установленным стандартам или превосходить их.

Рабочая программа дисциплины «Моделирование насосов и насосных агрегатов» для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья раз-

работывается индивидуально с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся.

### **3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся компетенций, представленных в таблице 1.

### **4. Структура и содержание дисциплины**

#### **4.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам**

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 3 зач. ед. (108 часов), их распределение по видам работ семестрам представлено в таблице 2.

Таблица 1

## Требования к результатам освоения учебной дисциплины

№ п/п	Код компетенции	Содержание компетенции (или её части)	Индикаторы компетенций	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны:		
				знать	уметь	владеть
1.	ПКос-1	Способен к участию в строительстве объектов природообустройства и водопользования	ПКос-1.1 Знания и владение методами строительства объектов природообустройства и водопользования	способность использовать методы проектирования инженерных сооружений и их конструктивных элементов	основные конструктивные особенности сооружений	проектировать основные конструктивные элементы инженерных сооружений
			ПКос-1.2 Умение решать задачи, связанные с применением в практической деятельности методов строительства объектов природообустройства и водопользования	глобальные проблемы окружающей среды, экологические принципы рационального использования природных ресурсов и охраны природы, экозащитную технику и технологии	вычислять производные и интегралы, решать дифференциальные уравнения	методами и приборами измерения уровней и глубин воды, скоростей течения, расходов воды, метеорологических характеристик
2.	ПКос-9	Способность выполнять работы по проектированию систем сельскохозяйственного водоснабжения, обводнения и водоотведения	ПКос-9.1 Выбор нормативно-технических документов, определяющих требования по проектированию систем сельскохозяйственного водоснабжения, обводнения и водоотведения	методы решения профессиональных задач систем водоснабжения и водоотведения	определять потребность в ресурсах, необходимых для решения конкретной задачи систем водоснабжения и водоотведения	способами определения потребности в необходимых ресурсах для решения поставленной задачи систем водоснабжения и водоотведения

## ОЧНАЯ ФОРМА ОБУЧЕНИЯ

Таблица 2

### Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Вид учебной работы	Трудоёмкость	
	час.	семестр № 5
<b>Общая трудоёмкость</b> дисциплины по учебному плану	<b>108</b>	<b>108</b>
<b>1. Контактная работа:</b>	<b>66,25</b>	<b>66,25</b>
<b>Аудиторная работа</b>	<b>66</b>	<b>66</b>
<i>в том числе:</i>		
<i>лекции (Л)</i>	34	34
<i>практические занятия (ПЗ)</i>	16	16
<i>лабораторные работы (ЛР)</i>	16	16
<i>контактная работа на промежуточном контроле (КРА)</i>	0,25	0,25
<b>2. Самостоятельная работа (СРС)</b>	<b>41,75</b>	<b>41,75</b>
<i>расчётно-графическая работа (РГР) (подготовка)</i>	20	20
<i>самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям, коллоквиумам и т.д.)</i>	12,75	12,75
<i>Подготовка к зачёту (контроль)</i>	9	9
Вид промежуточного контроля:	зачёт	

## 4.2 Содержание дисциплины

Таблица 3

### Тематический план учебной дисциплины

Наименование разделов и тем дисциплин (укрупнённо)	Всего	Аудиторная работа				Внеаудиторная работа СР
		Л	ПЗ/С	ЛР	ПКР	
Раздел 1 «Введение и общие сведения о насосах насосных установках»	24	8	4	4		8
Раздел 2 «Конструкции лопастных насосов»	24	8	4	4		8
Раздел 3 «Теория лопастных насосов»	25,75	9	4	4		8,75
Раздел 4 «Характеристики лопастных насосов»	25	9	4	4		8
Контактная работа на промежуточном контроле (КРА)	0,25				0,25	
Подготовка к зачету	9					9
<b>Всего за 5 семестр</b>	<b>108</b>	<b>34</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>0,25</b>	<b>41,75</b>
<b>Итого по дисциплине</b>	<b>108</b>	<b>34</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>0,25</b>	<b>41,75</b>

### Содержание разделов дисциплины

#### Раздел 1. Введение и общие сведения о насосах насосных установках

*Тема 1.1. Понятие о насосе. Классификация насосов. Область применения.* Краткий исторический обзор развития машинного водоподъема. Классификация насосов и их маркировка. Динамические насосы. Объемные насосы. Область применения насосов различных типов.



*Тема 1.2. Основные энергетические параметры насосов.* Подача, напор, полезная и потребляемая мощность, коэффициент полезного действия. Приборы для измерения параметров насоса.

Насосная установка с положительной, отрицательной высотами всасывания; и сифонного типа. Геометрические и энергетические параметры насосных установок.

## **Раздел 2. Конструкции лопастных насосов**

*Тема 2.1. Принцип работы центробежных насосов.* Центробежные консольные насосы. Центробежные насосы с двусторонним входом в рабочее колесо. Центробежные многоступенчатые секционные насосы. Центробежные многоступенчатые насосы с горизонтальным разъемом корпуса. Центробежные фекальные, песковые и грунтовые насосы. Погружные центробежные моноблочные насосы.

*Тема 2.2. Другие типы насосов.* Поршневые и плунжерные насосы. Водокольцевые вакуумные насосы. Вихревые насосы. Шнековые насосы. Струйные насосы. Гидравлические тараны. Скважинные насосы с трансмиссионным валом. Скважинные насосы с погружным электродвигателем. Центробежные вертикальные насосы. Принцип работы и маркировка осевых насосов. Диагональные насосы.

## **Раздел 3. Теория лопастных насосов**

*Тема 3.1. Основное уравнение насоса. Теоретический напор.*

Кинематические параметры движения жидкости через рабочие органы лопастного насоса. Параллелограммы скоростей для входа жидкости на колесо и для выхода с колеса.

Внешние силы, действующие на массу жидкости, заполняющей межлопастные каналы рабочего колеса. Уравнение Эйлера. Зависимость теоретического напора центробежного колеса от числа лопастей. Влияние угла установки лопастей на напор центробежного колеса. Потери в рабочих органах и коэффициенты полезного действия центробежного насоса.

Геометрическое подобие. Кинематическое подобие. Динамическое подобие. Моделирование конструкций лопастных насосов. Коэффициент быстроходности лопастных насосов.

*Тема 3.2. Кавитация в лопастных насосах.* Физическая сущность явления кавитации. Причины возникновения кавитации. Кавитационные характеристики насосов. Критические и допустимые кавитационные запасы. Меры борьбы с последствиями кавитации в лопастных насосах.

## **Раздел 4. Характеристики лопастных насосов.**

*Тема 4.1. Характеристики насосов. Совместная работа насоса с трубопроводом. Рабочие точки*

Графики зависимостей напора  $H$ , мощности  $N$  и КПД  $\eta$  от подачи  $Q$  при определенной частоте вращения ротора  $n$  насосного агрегата. Испытание лопастных насосов. Виды характеристик насоса  $H-Q$ .

Потери напора в трубопроводе. Характеристика трубопровода.

*Тема 4.2. Регулирование работы насосов.* Регулирование изменением степени открытия запорной арматуры на напорной линии. Регулирование

режима работы насоса изменением частоты вращения рабочего колеса. Обточка центробежных колес. Регулирование за счет изменения угла установки лопастей рабочего колеса насоса.

Параллельная и последовательная работа насосов. Параллельная работа насосов с идентичными с различными характеристиками. Последовательная работа насосов. Характеристики последовательной работы двух насосов.

Работа насосов на сеть трубопроводов. Схема трубопроводной сети, состоящей из двух трубопроводов различной протяженности, подающих воду в резервуары с различными отметками уровня воды. Схема трубопроводной сети, подающей воду к водоразборным устройствам. Схема разветвленной трубопроводной сети.

### 4.3 Лекции/лабораторные/практические занятия

Таблица 4

#### Содержание лекций практических занятий и контрольные мероприятия

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций/ лабораторных/ практических занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
<b>Раздел 1. Введение и общие сведения о насосах насосных установках.</b>					
1	<i>Тема 1.1. Понятие о насосе. Классификация насосов. Область применения</i>	Лекция № 1. Классификация насосов. Область применения.	ПКос-1 (ПКос-1.1; ПКос-1.2)		2
		Практическая работа № 1. Изучение конструкций насосов по каталогам ведущих отечественных и мировых производителей	ПКос-1 (ПКос-1.1; ПКос-1.2)	Опрос / дискуссия	2
		Лабораторная работа № 1. Конструкции центробежных насосов.	ПКос-1 (ПКос-1.1; ПКос-1.2)	Защита лабораторной работы.	2
2	<i>Тема 1.2. Основные энергетические параметры насосов.</i>	Лекция № 2. Параметры насосов.	ПКос-1 (ПКос-1.1; ПКос-1.2)		2
		Практическая работа № 2. Определение режима работы насосных установок с положительной высотой всасывания, Выполнение числового примера.	ПКос-1 (ПКос-1.1; ПКос-1.2)	Решение задач	2
		Лабораторная работа № 2. Конструкции центробежных насосов.	ПКос-1 (ПКос-1.1; ПКос-1.2)	Защита лабораторной работы.	2
<b>Раздел 2. Конструкции лопастных насосов</b>					

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций/ лабораторных/ практических занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
3	<i>Тема 2.1. Принцип работы центробежных насосов.</i>	Лекция № 3. Принцип работы центробежных насосов	ПКос-1 (ПКос-1.1; ПКос-1.2), ПКос-9 (ПКос-9.1)		2
		Практическая работа № 3 Определение режима работы насосных установок с отрицательной высотой всасывания, а также сифонной насосной установки. Выполнение числового примера.	ПКос-1 (ПКос-1.1; ПКос-1.2), ПКос-9 (ПКос-9.1)	Тестирование	2
		Лабораторная работа № 3. Испытание всасывающей линии центробежного насоса.	ПКос-1 (ПКос-1.1; ПКос-1.2), ПКос-9 (ПКос-9.1)	Защита лабораторной работы.	2
4	<i>Тема 2.2. Другие типы насосов.</i>	Лекция № 4. Скважинные насосы. Крупные насосы	ПКос-1 (ПКос-1.1; ПКос-1.2), ПКос-9 (ПКос-9.1)		2
		Практическая работа № 4. Определение режима работы сифонной насосной установки. Выполнение числового примера.	ПКос-1 (ПКос-1.1; ПКос-1.2), ПКос-9 (ПКос-9.1)	Опрос / дискуссия; Тестирование	2
		Лабораторная работа № 4. Изучение кинематика потока в рабочем колесе центробежного насоса.	ПКос-1 (ПКос-1.1; ПКос-1.2), ПКос-9 (ПКос-9.1)	Защита лабораторной работы.	2
<b>Раздел 3. Теория лопастных насосов</b>					
5	<i>Тема 3.1. Основное уравнение насоса. Теоретический напор.</i>	Лекция № 5. Основное уравнение насоса.	ПКос-9 (ПКос-9.1)		2
		Практическая работа № 5. Определение параметров насоса при изменении частоты вращения вала насоса. Пересчет исходных характеристик на новую частоту вращения. Выполнение числового	ПКос-9 (ПКос-9.1)	Опрос / дискуссия; Тестирование	2

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций/ лабораторных/ практических занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
		примера.			
		Лабораторная работа № 5. Испытание центробежных насосов.	ПКос-9 (ПКос-9.1)	Защита лабораторной работы.	2
6	<i>Тема 3.2. Кавитация в лопастных насосах.</i>	Лекция № 6. Кавитация в лопастных насосах.	ПКос-9 (ПКос-9.1)		2
		Практическая работа № 6. Определение кавитационных характеристик насоса. Критические и допустимые кавитационные запасы. Выполнение числового примера.	ПКос-9 (ПКос-9.1)	Опрос / дискуссия; Тестирование	2
		Лабораторная работа № 6. Параллельная и последовательная работа насосов.	ПКос-9 (ПКос-9.1)	Защита лабораторной работы.	2
<b>Раздел 4. Характеристики лопастных насосов.</b>					
7	<i>Тема 4.1. Характеристики насосов. Совместная работа насоса с трубопроводом. Рабочие точки</i>	Лекция № 7. Характеристики насосов.	ПКос-9 (ПКос-9.1)		2
		Практическая работа № 7. Определение параметров насосной установки при параллельном и последовательном соединении насосов. Выполнение числового примера.	ПКос-9 (ПКос-9.1)	Опрос / дискуссия	2
		Лабораторная работа № 7. Параллельная и последовательная работа насосов.	ПКос-9 (ПКос-9.1)	Защита лабораторной работы.	2
8	<i>Тема 4.2. Регулирование работы насосов.</i>	Лекция № 8. Регулирование работы насосов.	ПКос-9 (ПКос-9.1)		2
		Практическая работа № 8. Определение параметров насосной установки при качественном и количественном способе регулирования. Выполнение числового примера. (контрольная работа)	ПКос-9 (ПКос-9.1)	Опрос / дискуссия; Тестирование	2
		Лабораторная работа № 8. Кавитация в лопастных насосах.	ПКос-1 (ПКос-1.1; ПКос-1.2), ПКос-9 (ПКос-9.1)	Защита лабораторной работы.	2

## Перечень вопросов для самостоятельного изучения дисциплины

№ п/п	Название раздела, темы	Перечень рассматриваемых вопросов для самостоятельного изучения
<b>1. Введение и общие сведения о насосах насосных установках.</b>		
1	Тема 1.1. Понятие о насосе. Классификация насосов. Область применения	- Понятия: "насос", "насосный агрегат", "насосная установка", "насосная станция". - Классификация насосов и водоподъемных машин по различным признакам, маркировка. Области применения насосов различных типов. (Реализуемые компетенции ПКос-1 (индикатор достижения компетенции ПКос-1.1; ПКос-1.2))
2	Тема 1.2. Основные энергетические параметры насосов.	- Основные энергетические параметры насоса: подача, напор, полезная и потребляемая мощности, коэффициент полезного действия. - Схемы насосных установок. Геодезическая высота подъема, геометрические высоты всасывания и нагнетания. Приборы для измерения давления. (Реализуемые компетенции ПКос-1 (индикатор достижения компетенции ПКос-1.1; ПКос-1.2))
<b>2. Конструкции лопастных насосов</b>		
3	Тема 2.1. Принцип работы центробежных насосов.	- Центробежные консольные насосы: область применения, конструкция, достоинства и недостатки, маркировка - Центробежные насосы с двусторонним входом в рабочее колесо: область применения, конструкция, достоинства и недостатки, маркировка. - Центробежные многоступенчатые секционные насосы: область применения, конструкция, достоинства и недостатки, маркировка. (Реализуемые компетенции ПКос-1 (индикатор достижения компетенции ПКос-1.1; ПКос-1.2), ПКос-9 (индикатор достижения компетенции ПКос-9.1))
4	Тема 2.2. Другие типы насосов.	Скважинные насосы с трансмиссионным валом и с погружным электродвигателем: область применения, конструкция, достоинства и недостатки, маркировка - Центробежные вертикальные насосы: область применения, конструкция, достоинства и недостатки, маркировка - Осевые насосы с жесткозакрепленными и поворотными лопастями: область применения, конструкция, достоинства и недостатки (Реализуемые компетенции ПКос-1 (индикатор достижения компетенции ПКос-1.1; ПКос-1.2), ПКос-9 (индикатор достижения компетенции ПКос-9.1))
<b>3. Теория лопастных насосов</b>		
5	Тема 3.1. Основное уравнение насоса. Теоретический напор.	- Принцип действия центробежных насосов. Течение жидкости в каналах рабочего колеса при бесконечном и конечном числе лопастей. - Планы скоростей движения жидкости при входе на лопасти и при выходе из рабочего колеса при бесконечном и конечном числе ло-

№ п/п	Название раздела, темы	Перечень рассматриваемых вопросов для самостоятельного изучения
		пастей. - Основное уравнение центробежного насоса (уравнение Эйлера). Вывод формулы теоретического напора $H_t$ рабочего колеса с бесконечно большим числом лопастей. (Реализуемые компетенции ПКос-9 (индикатор достижения компетенции ПКос-9.1))
6	Тема 3.2. Кавитация в лопастных насосах.	- Кавитация в лопастных насосах: понятие, причины возникновения, воздействие на детали и работу насоса. Кавитационная эрозия. Меры борьбы с последствиями кавитации в лопастных насосах. Кавитационный запас. (Реализуемые компетенции ПКос-9 (индикатор достижения компетенции ПКос-9.1))
<b>4. Характеристики лопастных насосов.</b>		
7	Тема 4.1. Характеристики насосов. Совместная работа насоса с трубопроводом. Рабочие точки	- Характеристики лопастных насосов: виды и особенности характеристик центробежных и осевых насосов. - Зависимость характеристик насосов от быстроходности. Рабочая область на характеристике насоса. Условия пуска лопастных насосов - Совместная работа насоса с трубопроводом. Характеристика трубопровода $H_{тр} - Q$ . Рабочая точка. (Реализуемые компетенции ПКос-9 (индикатор достижения компетенции ПКос-9.1))
8	Тема 4.2. Регулирование работы насосов.	Способы регулирования работы лопастных насосов. Преимущества и недостатки различных способов регулирования. - Параллельная работа лопастных насосов с одинаковыми напорными характеристиками: схема соединения, условия применения, построение суммарной напорной характеристики. Определение общей рабочей точки и рабочих точек каждого насоса. - Последовательная работа лопастных насосов: схема соединения, условия применения, построение суммарной напорной характеристики. (Реализуемые компетенции ПКос-9 (индикатор достижения компетенции ПКос-9.1))

## 5. Образовательные технологии

Таблица 6

### Применение активных и интерактивных образовательных технологий

№ п/п	Тема и форма занятия	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	
1	Введение, общие сведения о насосах, насосных установках и насосных станциях	Л	Метод презентации лекционного материала
2	Определение режима работы насосных установок с положительной высотой всасывания,	ПЗ	Групповое обсуждение, дискуссия
3	Скважинные насосы. Крупные насосы	Л	Метод презентации лекционного материала
4	Характеристики лопастных насо-	Л	Проблемная лекция

№ п/п	Тема и форма занятия	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	
	сов и трубопровода		
5	Определение кавитационных характеристик насоса. Критические и допустимые кавитационные запасы. Выполнение числового примера.	ПЗ	Групповое обсуждение, дискуссия
6	Регулирование работы насосов.	Л	Метод презентации лекционного материала

## 6. Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины

### 6.1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности

1) *Примерная тематика РГР* – «Определение гидравлических и энергетических параметров насосной установки в различных условиях ее работы»

2. *Примеры тестов для текущего и промежуточного контроля знаний обучающихся:*

#### Раздел 1. Введение и общие сведения о насосах, насосных установках.

1. Гидравлическими машинами называют

- а) машины, вырабатывающие энергию и сообщаемые ее жидкости;
- б) машины, которые сообщают проходящей через них жидкости механическую энергию, либо получают от жидкости часть энергии и передают ее рабочим органам;
- в) машины, способные работать только при их полном погружении в жидкость с сообщением им механической энергии привода;
- г) машины, соединяющиеся между собой системой трубопроводов, по которым движется рабочая жидкость, отдающая энергию.

2. Выбрать правильный ответ, к объемным насосам относят следующие насосы:

- а)- осевые;
- б) - роторные;
- в)- струйные;
- г)- вибрационные

3- Выбрать правильный ответ, насосный агрегат это:

- а)- Насос и двигатель;
- б)- Насос, двигатель и устройство для передачи мощности от двигателя к насосу
- в)- Насос, всасывающий и напорный трубопроводы и арматуры на них;

г)- Насос, всасывающий и напорный трубопроводы;

4- Выбрать правильный ответ - геометрической высотой всасывания вертикальных центробежных насосов называют:

а). Расстояние по вертикали от уровня воды в источнике (нижний бьеф) до оси лопастей рабочего колеса;

б). Расстояние по вертикали от уровня воды в источнике (нижний бьеф) до входной патрубки насоса;

в) Расстояние по вертикали от уровня воды в источнике (нижний бьеф) до оси напорного патрубка.

5. Какое давление обычно показывает манометр?

а) абсолютное;

б) атмосферное;

в) избыточное;

г) давление вакуума.

6. Какое давление обычно показывает манометр?

а) абсолютное;

б) избыточное;

в) атмосферное;

г) давление вакуума.

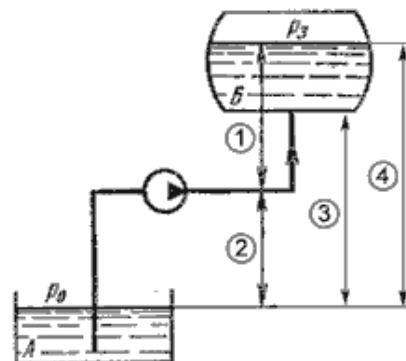
7. Укажите на рисунке геометрическую высоту всасывания

а) 1;

б) 2;

в) 3;

г) 4.



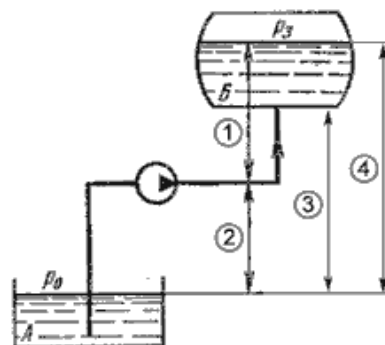
8. Укажите на рисунке геометрическую высоту нагнетания

а) 1;

б) 2;

в) 3;

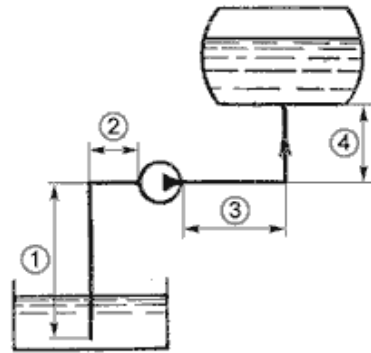
г) 4.



9. Укажите на рисунке всасывающий трубопровод

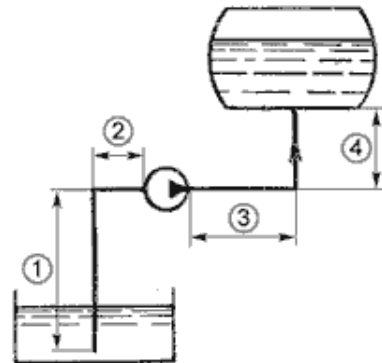


- а) 3+4;
- б) 1;
- в) 1+2;
- г) 2.



10. Укажите на рисунке напорный трубопровод

- а) 2+3;
- б) 3+4;
- в) 1+2;
- г) 1+4.



## Раздел 2. Конструкции лопастных насосов

1. Выбрать правильный ответ, осевые нагрузки в центробежных консольных насосах, возникают:

- а)- в результате давления жидкости на вал насоса;
- б)- в результате давления жидкости на корпуса насоса;
- в)- в результате давления жидкости на наружные стороны дисков рабочего колеса;
- г)- из-за разности давления жидкости при входе и выходе из насоса;

2. Выбрать правильный ответ, Преимущества центробежных насосов с двусторонним входом;

- а)- Большой напор
- б)- Вертикальный разъем корпуса,
- в)-Простота конструкции,
- г)- Горизонтальный разъем корпуса.

3. Выбрать правильный ответ, какая деталь центробежного насоса позволяет преобразовать кинетическую энергию потока в потенциальную?

- а)-вал насоса;
- б)-рабочее колесо насоса;
- в)-корпус насоса;
- г)-электродвигатель

4. Осевые насосы, в которых положение лопастей рабочего колеса не изменяется-называется

- а) стационарно-лопастным;
- б) неповоротно-лопастным;
- в) жестколопастным;
- г) жестковинтовым.

5. Выбрать правильный ответ, к динамическим насосам относят следующие насосы

- а)- поршневые;
- б)- роторные;
- в)- вихревые;
- г)- крыльчатые

### **Раздел 3. Теория лопастных насосов**

1.. Выбрать правильный ответ, при увеличении расхода насоса увеличивается:

- а)- $U_1$ , средняя окружная скорость входных кромок лопастей
- б)- $V_{2m}$ , меридианная (радиальная) составляющая абсолютной скорости потока на выходе из рабочего колеса
- в)- $W_2$ , относительная скорость потока на выходе из рабочего колеса
- г)- $U_2$ , окружная скорость потока на выходе из рабочего колеса.

2. Выбрать правильный ответ - Статический напор  $H_c$ , это:

- а) разность геометрической высоты  $H_T$  и пьезометрической высоты в конечном сечении трубопровода;
- б) сумма геометрической высоты  $H_T$  и пьезометрической высоты в конечном сечении трубопровода;
- в) сумма пьезометрических высот в начальном и конечном сечении трубопровода;
- г) разность скоростных высот между конечным и начальным сечениями.

3. Если давление ниже относительного нуля, то его называют:

- а) абсолютным;
- б) атмосферным;
- в) избыточным;
- г) давление вакуума

4. Выбрать правильный ответ, коэффициент полезного действия (КПД) отношение:

- а)- потребляемой мощности к полезной;
- б)- максимальной мощности к полезной;
- в)- полезной мощности к потребляемой;
- г)- полезной мощности к потери электроэнергии.

5. В каких единицах измеряется давление в системе измерения СИ?

- а) в паскалях;
- б) в джоулях;
- в) в барах;
- г) в стоксах.

#### **Раздел 4. Характеристики лопастных насосов.**

1. Выбрать правильный ответ- Кривая потребного напора отражает:

- а) зависимость потерь энергии от давления в трубопроводе;
- б) зависимость сопротивления трубопровода от его пропускной способности:
- в) зависимость потребного напора от расхода;
- г) зависимость режима движения от расхода.

2. Выбрать правильный ответ, напорной характеристикой насоса называется:

- а) зависимость изменения давления и расхода при изменении частоты вращения вала;
- б) его геометрические характеристики;
- в) его технические характеристики: номинальное давление, расход и частота вращения вала, КПД;
- г) зависимость напора, создаваемого насосом  $H$  от его подачи  $Q$  при постоянной частоте вращения вала.

3. Выбрать правильный ответ, объемный КПД насоса – это:

- а) отношение его действительной подачи к теоретической;
- б) отношение его теоретической подачи к действительной;
- в) разность его теоретической и действительной подачи;
- г) отношение суммы его теоретической и действительной подачи к частоте оборотов

4. Выбрать правильный ответ, два насоса могут работать параллельно если:

- а) расход насосов одинаковый;
- б) напор насосов одинаковый;
- в) расход и напор одинаковые;
- г) расход и напор разные.

5. Выбрать правильный ответ, характеристика последовательного соединения нескольких трубопроводов определяется:

- а) пересечением характеристики насоса с кривой потребного напора;
- б) сложением абсцисс характеристик каждого трубопровода;
- в) умножением ординат характеристик каждого трубопровода на общий расход жидкости;
- г) сложением ординат характеристик каждого трубопровода.

6. Кривая потребного напора отражает
- а) зависимость потерь энергии от давления в трубопроводе;
  - б) зависимость сопротивления трубопровода от его пропускной способности;
  - в) зависимость потребного напора от расхода;
  - г) зависимость режима движения от расхода.
7. Метод расчета трубопроводов с насосной подачей заключается
- а) в нахождении максимально возможной высоты подъема жидкости путем построения характеристики трубопровода;
  - б) в составлении уравнения Бернулли для начальной и конечной точек трубопровода;
  - в) в совместном построении на одном графике кривых потребного напора и характеристики насоса с последующим нахождением точки их пересечения;
  - г) в определении сопротивления трубопровода путем замены местных сопротивлений эквивалентными длинами.
8. Точка пересечения кривой потребного напора с характеристикой насоса называется
- а) точкой оптимальной работы;
  - б) рабочей точкой;
  - в) точкой подачи;
  - г) точкой напора.
9. Характеристика последовательного соединения нескольких трубопроводов определяется
- а) пересечением характеристики насоса с кривой потребного напора;
  - б) сложением абсцисс характеристик каждого трубопровода;
  - в) умножением ординат характеристик каждого трубопровода на общий расход жидкости;
  - г) сложением ординат характеристик каждого трубопровода.

### ***3. Примерные вопросы к дискуссии по дисциплине***

#### **Тема 1.1. Понятие о насосе. Классификация насосов. Область применения.**

1. Каким требованиям должны удовлетворять насосы?
2. Назовите основные виды насосов динамического типа?
3. Назовите основные виды насосов объемного типа?
4. По какой зависимости рассчитывается мощность лопастного насоса ?
5. Как определяется КПД насоса?
6. На какие две составляющие разделяется полный напор, развиваемый лопастным насосом ?
7. Перечислите основные параметры лопастной машины, которые влияют на величину подачи ?

8. Какую величину обычно имеет объемный КПД лопастного насоса?  
 127. Почему осевые лопастные насосы пускаются в основном на открытую задвижку ?  
 9. От чего зависит вакуумметрическая высота всасывания в насосе ?  
 10. Зачем необходим обратный клапан на напорных линиях насосов установок

### **Тема 2.1. Принцип работы центробежных насосов.**

1. Перечислите основные особенности лопастных насосов.
2. Приведите примеры маркировки лопастных насосов (расшифруйте ее).
3. Приведите примеры маркировки осевых насосов (расшифруйте ее).
4. Где устанавливаются сальники и для чего они нужны ?
5. Чем отличаются осевые и центробежные лопастные насосы?
6. Перечислите основные детали лопастного насоса.
7. Какая деталь лопастного насоса позволяет преобразовать кинетическую энергию потока в потенциальную ?
8. Опишите способ действия центробежного лопастного насоса.
9. Опишите способ действия осевого лопастного насоса.

### **Тема 3.1. Основное уравнение насоса. Теоретический напор**

1. Функцией каких параметров является коэффициент быстроходности ?
2. Какая скорость характеризует вращательное движение частицы среды в рабочем колесе?
3. Какая скорость характеризует поступательное движение частицы среды в рабочем колесе ?
4. Изобразите многоугольник скоростей на выходе рабочего колеса.
5. Для чего необходимо знать угол  $\beta_2$
6. Как найти теоретическую подачу лопастной машины ?
7. Перечислите основные гидравлические потери, которые возникают в лопастном насосе.
8. Как предотвратить появление кавитации в насосах ?
9. Какие меры применяются для предотвращения кавитации в насосах на насосных станциях ?

### **Тема 4.1. Характеристики насосов. Совместная работа насоса с трубопроводом. Рабочие точки**

1. Какая кривая характеристики лопастного насоса является наиболее важной ?
2. Какой вид имеет функция лопастного насоса  $H = f(Q)$  ?
3. Какой вид имеет функция лопастным насосом  $N = f(Q)$  ?
4. Как изменится теоретический напор с увеличением  $Q$  при  $\beta_2 > 90^\circ$  ?
5. Как изменится теоретический напор с увеличением  $Q$  при  $\beta_2 < 90^\circ$  ?
6. Для чего необходимо знать характеристику лопастной машины ?

7. Как по характеристике найти мощность на режиме холостого хода ?
8. Как называется режим, при котором КПД максимален ?
9. Какие условия подобия выполняются для подобных лопастных насосов ?
10. Приведите формулы пересчета характеристики лопастного насоса при изменении числа оборотов.
11. Для каких целей применяют параллельную работу насосов и ?
12. Постройте суммарную характеристику двух однотипных параллельно работающих лопастных насосов ?
13. Как определить мощность, потребляемую параллельно работающими лопастных насосов ?
14. Как определить подачу двух параллельно работающих лопастных ?
15. Покажите рабочую точку на графике характеристик лопастного насоса и сети.
16. С какой целью лопастные насосы подключаются последовательно ?
17. В каких случаях применяется регулирование лопастных насосов?
18. Какие недостатки и достоинства имеет дроссельное регулирование ?

#### 4 Примерные задачи по дисциплине «Насосы и насосные установки»

##### Раздел 2. Параметры насосов.

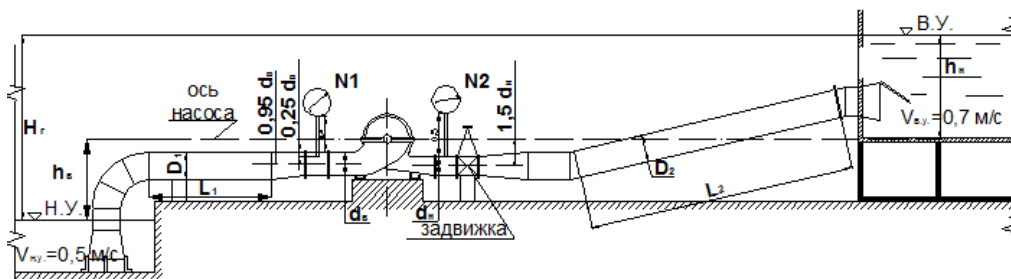
###### Задача:

Вода забирается насосом из водоисточника и подается по стальным трубопроводам в водоприемник согласно приведенной ниже схемы.

Требуется определить необходимый для подачи воды напор насоса

Исходные данные:

- подаваемый расход  $Q = 0,9 \text{ м}^3/\text{с}$
- геодезическая высота подъема  $H_2 = 52 \text{ м}$ ;
- диаметр и длина всасывающего трубопровода  $D_1 = 1 \text{ м}$ ,  $L_1 = 35 \text{ м}$ ;
- диаметр и длина напорного трубопровода  $D_2 = 0,9 \text{ м}$ ,  $L_2 = 400 \text{ м}$ ;
- местные потери напора принять соответственно во всасывающем и напорном трубопроводе равными  $h^{BC}_{\text{т.м}} = 0,27 \text{ м}$ ,  $h^{HA}_{\text{т.м}} = 0,31 \text{ м}$ ;
- потери напора по длине рассчитать по формуле  $AQ^2L$
- удельное сопротивление трубопровода  $A$  всасывающего и напорного принять соответственно равными  $A^{BC} = 0,017$ ,  $A^{HA} = 0,03$ ;



Ответ  $H = 53,61 \text{ м}$ .

##### Раздел 4. Характеристики лопастных насосов и трубопровода

### Задача 1

1. Вода подается по системе стальных трубопроводов диаметром = 500мм, длиной = 900м на высоту 26м. Требуется построить характеристику трубопровода  $H_{тр} = f(Q)$ . Потери напора по длине трубопровода рассчитать по формуле  $AQ^2L$ , удельное сопротивление трубопровода  $A$  принять равными  $A = 0,0578c^2/m^6$ . Местные потери напора  $h_{м.м}$  в трубопроводе принять равными 10% от потерь по длине;

Характеристика трубопровода

Q, м <sup>3</sup> /с	0	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40
$H_{тр}$ , м	26,0	26,14	26,57	27,29	28,29	29,58	31,15	33,04	35,16

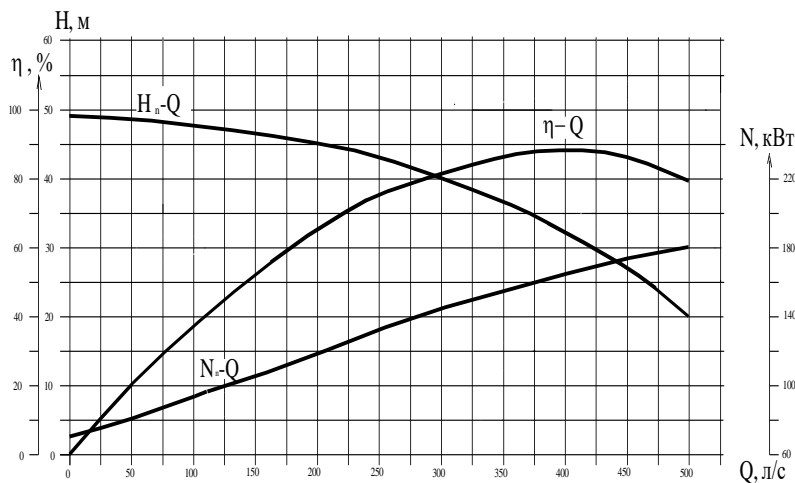
### Задача 2

2. Вода забирается центробежным насосом марки Д –1000 - 40 (14НДс),  $n = 980$  об/мин из водоисточника и подается по стальным трубопроводам в водоприемник. Характеристика насоса приведена ниже.

Требуется определить режим работы насоса и соответствующую ему подачу, напор, мощность и КПД.

Исходные данные:

- геодезическая высота подъема  $H_z = 26$ м;
- диаметр и длина трубопровода  $D_l = 0,5$ м,  $L = 900$ м;
- - потери напора по длине рассчитать по формуле  $AQ^2L$
- удельное сопротивление трубопровода  $A$  принять равными  $A = 0,0578c^2/m^6$ ;
- местные потери напора  $h_{м.м}$  в трубопроводе принять равными 10% от потерь по длине;

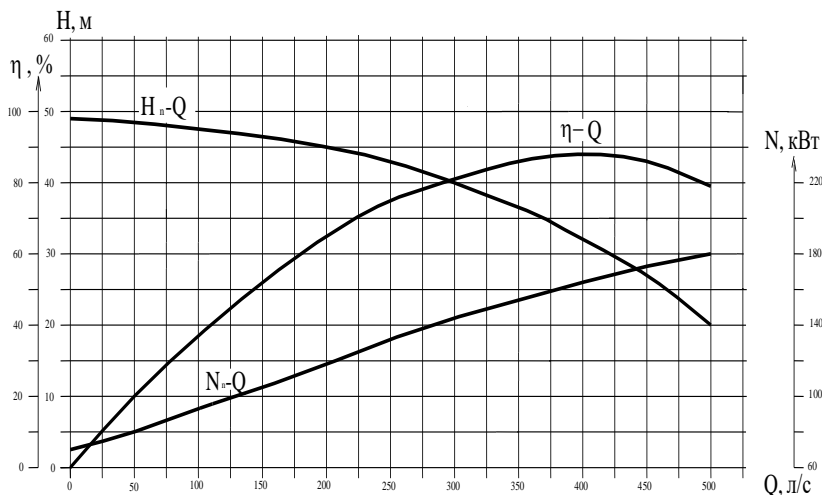


Характеристика насоса Д –1000 - 40 (14НДс),  $n = 980$  об/мин

Ответ:  $Q = 380 \text{ л/с}$ ,  $H = 43 \text{ м}$

## Раздел 5. Теория подобия лопастных насосов

### Задача:



### Характеристика насоса Д-1000 - 40 (14НДс), $n = 980 \text{ об/мин}$

Определить необходимую частоту вращения  $n_x$  вала насоса Д-1000 - 40 (14НДс),  $n = 980 \text{ об/мин}$ , характеристика которого приведена на рисунке с тем, чтобы при новой частоте насос удовлетворял рабочим значениям напора  $H_{\text{раб}} = 33 \text{ м}$  и подаче  $Q_{\text{раб}} = 350 \text{ л/с}$ .

Ответ:  $n_x = 941 \text{ об/мин}$

### 5. Перечень примерных вопросов, выносимых на промежуточного аттестацию зачет

1. Понятия: "насос", "насосный агрегат", "насосная установка", "насосная станция".
2. Классификация насосов и водоподъемных машин по различным признакам, маркировка. Области применения насосов различных типов.
3. Основные энергетические параметры насоса: подача, напор, полезная и потребляемая мощности, коэффициент полезного действия.
4. Схемы насосных установок. Геодезическая высота подъема, геометрические высоты всасывания и нагнетания. Приборы для измерения давления.
5. Схема насосной установки с положительной высотой всасывания. Определение напора насоса по показаниям измерительных приборов.
6. Схема насосной установки с отрицательной высотой всасывания. Определение напора насоса по показаниям измерительных приборов.
7. Схема насосной установки сифонного типа. Определение напора насоса по показаниям измерительных приборов.



8. Центробежные консольные насосы: область применения, конструкция, достоинства и недостатки, маркировка.
9. Центробежные насосы с двусторонним входом в рабочее колесо: область применения, конструкция, достоинства и недостатки, маркировка.
10. Центробежные многоступенчатые секционные насосы: область применения, конструкция, достоинства и недостатки, маркировка.
11. Центробежные многоступенчатые насосы с осевым разъемом корпуса: область применения, конструкция, достоинства и недостатки, маркировка.
12. Центробежные фекальные насосы: назначение, область применения, конструкция, достоинства и недостатки.
13. Центробежные вертикальные насосы: область применения, конструкция, достоинства и недостатки, маркировка.
14. Осевые насосы с жесткозакрепленными и поворотными лопастями: область применения, конструкция, достоинства и недостатки.
15. Диагональные насосы: область применения, конструкция, достоинства и недостатки, маркировка.
16. Скважинные насосы с трансмиссионным валом и с погружным электродвигателем: область применения, конструкция, достоинства и недостатки, маркировка.
17. Водокольцевые вакуумные насосы: назначение, конструкция, принцип действия.
18. Вихревые насосы: область применения, конструкция, принцип действия.
19. Струйные насосы: область применения, конструкция, достоинства и недостатки, принцип действия.
20. Осевая нагрузка: причины возникновения, способы уравнивания осевых усилий у различных типов насосов.
21. Принцип действия центробежных насосов. Течение жидкости в каналах рабочего колеса при бесконечном и конечном числе лопастей.
22. Планы скоростей движения жидкости при входе на лопасти и при выходе из рабочего колеса при бесконечном и конечном числе лопастей.
23. Основное уравнение центробежного насоса (уравнение Эйлера). Вывод формулы теоретического напора  $H_t$  рабочего колеса с бесконечно большим числом лопастей.
24. Теоретический напор  $H_t$  центробежного насоса с конечным числом лопастей.
25. Влияние угла установки лопастей на напор ц/б колеса.
26. Потери в рабочих органах и коэффициенты полезного действия центробежного насоса: объемный, гидравлический, механический, полный.
27. Краткая теория осевого насоса. Течение жидкости в рабочем колесе и выправляющем аппарате. Теоретический и действительный напоры осевого насоса.
28. Теория подобия лопастных насосов: геометрическое, кинематическое и динамическое подобие; основные критерии подобия лопастных насосов.

29. Коэффициент быстроходности лопастных насосов  $n_s$  : понятие, вывод формулы. Классификация лопастных насосов в зависимости от коэффициента быстроходности.

30. Кавитация в лопастных насосах: понятие, причины возникновения, воздействие на детали и работу насоса. Кавитационная эрозия. Меры борьбы с последствиями кавитации в лопастных насосах. Кавитационный запас.

31. Кавитационные испытания лопастных насосов: цель испытаний, схема установки, измерительная аппаратура, методика проведения испытаний. Критические и допустимые кавитационные запасы.

32. Характеристики лопастных насосов: виды и особенности характеристик центробежных и осевых насосов. Зависимость характеристик насосов от быстроходности. Рабочая область на характеристике насоса. Условия пуска лопастных насосов.

33. Совместная работа насоса с трубопроводом. Характеристика трубопровода  $H_{тр} - Q$ . Рабочая точка.

34. Параллельная работа лопастных насосов с одинаковыми напорными характеристиками: схема соединения, условия применения, построение суммарной напорной характеристики. Определение общей рабочей точки и рабочих точек каждого насоса.

35. Параллельная работа лопастных насосов с различными напорными характеристиками: схема соединения, условия применения, построение суммарной напорной характеристики. Определение общей рабочей точки и рабочих точек каждого насоса.

36. Последовательная работа лопастных насосов: схема соединения, условия применения, построение суммарной напорной характеристики.

37. Параметрические испытания лопастных насосов: цель испытаний, схема установки, измерительная аппаратура, методика проведения испытания.

38. Способы регулирования работы лопастных насосов. Преимущества и недостатки различных способов регулирования.

## **6.2. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания**

Для оценки знаний, умений, навыков и формирования компетенции по дисциплине может применяться балльно-рейтинговая/традиционная система контроля и оценки успеваемости студентов.

В основу балльно-рейтинговой системы (БРС) положены принципы, в соответствии с которыми формирование рейтинга студента осуществляется в ходе текущего, промежуточного контроля и промежуточной аттестации знаний.

Таблица 7

Шкала оценивания	Экзамен/ Зачет с оценкой	Зачет
85-100	Отлично	зачет
70-84	Хорошо	
60-69	Удовлетворительно	
0-59	Неудовлетворительно	незачет

При использовании традиционной системы контроля и оценки успеваемости студентов используются следующие критерии выставления «зачтено» или «не зачтено».

### Критерии оценивания результатов обучения

Таблица 8

Уровень успеваемости	Критерии оценивания
Достаточный (зачтено)	Заслуживает студент, освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал без пробелов на высоком качественном уровне; практические навыки профессионального применения освоенных знаний сформированы. <b>Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – высокий / хороший (средний) / достаточный.</b>
Минимальный (не зачтено)	Заслуживает студент, не освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, практические навыки не сформированы. <b>Компетенции, закреплённые за дисциплиной, не сформированы.</b>

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 7.1 Основная литература

1. Али, Мунзер Сулейман. Насосы и насосные установки: учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки 20.03.02 "Природообустройство и водопользование". Рекомендовано УМО / М. С. Али, Д. С. Бегляров, В. Ф. Чебаевский; Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева (Москва). — Электрон. текстовые дан. — Москва: РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, 2015. — 330 с.: рис., табл., цв.ил. — (150 лет РГАУ-МСХА). — Коллекция: Учебная и учебно-методическая литература. — Режим доступа : <http://elib.timacad.ru/dl/local/357.pdf>.

2. Леонтьев, В. К. Насосы и насосные установки: расчет насосной установки : учебное пособие для вузов / В. К. Леонтьев, М. А. Барашева. — 2-е изд. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 142 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-13028-7. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/496511> (дата обращения: 14.09.2022).

3. Курочкин, Е. Ю. Инженерные системы водоснабжения, водоотведения, теплогазоснабжения : учебное пособие для вузов / Е. Ю. Курочкин, Е. П. Лашкинский. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 151 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-14904-3. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/496957>

## 7.2 Дополнительная литература

1. Моргунов, К. П. Насосы и насосные станции : учебное пособие для вузов / К. П. Моргунов. — 5-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 308 с. — ISBN 978-5-507-44973-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/254657>

2. Щуцкая, Е. Е. Насосы. Насосные и воздухоудувные станции : учебное пособие / Е. Е. Щуцкая, Е. Г. Цурикова, А. Б. Родионова. — Ростов-на-Дону : Донской ГТУ, 2021. — 140 с. — ISBN 978-5-7890-1967-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/237911>

3. Корчевская, Ю. В. Насосы и насосные станции : лаб. практикум : учебное пособие / Ю. В. Корчевская. — Омск : Омский ГАУ, 2017. — 115 с. — ISBN 978-5-89764-612-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/113362>

## 7.3 Нормативные правовые акты

- 1- СП 31.13330.2012 Водоснабжение. Наружные сети и сооружения.
- 2- СП 58.13330.2012 Гидротехнические сооружения. Основные положения
- 3- СП 66.13330.2011 Проектирование и строительство напорных сетей водоснабжения и водоотведения.

## 7.4 Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям

1. Али М.С., Бегляров Д.С., Померанцев О.Н. Сушко В.В.: Методические указания по выполнению лабораторных работ (Методические указания) / М.С. Али, Д. С. Бегляров.; М: Изд-во ФГБНУ «Росинформагротех», 2017. 86 с

2. При проведении лабораторных работ необходимо строго соблюдать правила техники безопасности при работе в лаборатории насосов и насосных станций, указания преподавателей кафедры

## 8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

1. Электронный каталог Научно-Технической Библиотеки Кафедры с/х водоснабжения и водоотведения РГАУ-МСХА (<http://isvov.ru>) (открытый доступ)

## 9. Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

1. [www.consultant.ru](http://www.consultant.ru) Справочная правовая система «Консультант Плюс».

Таблица 9

### Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование раздела учебной дисциплины	Наименование программы	Тип программы	Автор	Год разработки
1	Параметры насосов,	Автокад	Графическая	Autodesk	2011

	Лопастные насосы Характеристики лопастных насосов и трубопровода Теория подобия лопастных насосов Кавитация в лопастных насосах				
2	Теория подобия лопастных насосов Кавитация в лопастных насосах Другие типы насосов и водоподъемников	Microsoft Office	Расчетная, работа с таблицами	Microsoft	2010

### 10. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Таблица 10

#### Сведения об обеспеченности специализированными аудиториями, кабинетами, лабораториями

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы (№ учебного корпуса, № аудитории)	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
1	2
29/130	<p>1. <b>Лабораторный стенд</b> «Насосная установка 1» 2 шт. (Инв.№ 410124000602775)</p> <p>2. <b>Лабораторный стенд</b> «Насосная установка 2» 2 шт. (Инв.№ 410134000000156)</p> <p>3. <b>Лабораторный стенд</b> «Насосная установка 3» 1 шт. (Инв.№ 410134000000157)</p> <p>4. <b>Лабораторный стенд</b> «Насосная установка 4» 1 шт. (Инв.№ 410134000000697)</p> <p>5. <b>Парты</b> 12 шт.</p> <p>6. <b>Доска меловая</b> 1 шт.</p> <p>7. <b>Макет</b> – 3 шт. ( инв. №№ 410138000000226, 410138000000227, 410138000000228)</p> <p>8. <b>Компьютеры</b> - 7 шт (инв. №№ 210134000000298, 210134000000299, 210134000000300, 210134000000301, 210134000000302, 210134000000303, 210134000000304 )</p>
29/244	<p>1. <b>Парты</b> - 20 шт.</p> <p>2. <b>Доска меловая</b> - 1 шт.</p> <p>3. <b>Информационные стенды</b> - 28 шт</p>
Библиотека, читальный зал: корпус 29, 1-ый этаж, читальный зал Библиотека имени Н.И. Железнова, Лиственничная аллея, д. 2к1.	

## 11. Методические рекомендации студентам по освоению дисциплины

**Цель методических рекомендаций** – научить студента эффективным приемам работы, помочь перейти от деятельности, выполняемой под руководством преподавателя, к деятельности, организуемой самостоятельно, к замене контроля со стороны преподавателя самоконтролем.

### **Задачи методических рекомендаций.**

#### **Научить студента:**

- рациональным приемам работы при изучении материала и подготовке и к сдаче экзаменов;
- эффективно использовать консультации преподавателя;
- применять критерии оценки самооценки при изучении материала;
- результативно работать с литературой;

Основными формами обучения студентов являются лекции, практические и лабораторные занятия, самостоятельная работа, и консультации.

#### **Общие правила и приемы конспектирования лекций**

1. Конспектирование лекций ведется в специально отведенной для этого тетради, каждый лист которой должен иметь поля (4-5 см) для дополнительных записей.

2. Необходимо записывать тему и план лекций, рекомендуемую литературу к теме. Записи разделов лекции должны иметь заголовки, подзаголовки, красные строки.

3. Названные в лекции ссылки на первоисточники надо пометить на полях, чтобы при самостоятельной работе найти и вписать их.

4. В конспекте дословно записываются определения понятий, категорий и законов. Остальное должно быть записано своими словами.

5. Каждому студенту необходимо выработать и использовать допустимые сокращения наиболее распространенных терминов и понятий.

В конспект следует заносить всё, что преподаватель пишет на доске, а также рекомендуемые схемы, таблицы, диаграммы и т.д.

6. Прослушанную лекцию необходимо незамедлительно проработать, что значительно экономит время и способствует лучшему усвоению материала.

#### **Методические рекомендации по работе с литературой**

Особое место среди видов самостоятельной работы занимает работа с литературой, являющаяся основным методом самостоятельного овладения знаниями. Перечень и объем литературы, необходимой для изучения дисциплины «Насосы и насосные установки», определяется программой курса и другими методическими рекомендациями.

Всю литературу можно разделить на учебники и учебные и методические пособия, научные монографические источники, научные публикации в периодической печати. Из них можно выделить литературу основную (рекомендуемую), дополнительную и литературу для углубленного изучения дисциплины.

Изучение дисциплины следует начинать с учебника, поскольку учебник – это книга, в которой изложены основы научных знаний по определенному предмету в соответствии с целями и задачами обучения, установленными рабочей программой и требованиями дидактики.

При работе с литературой рекомендуется:

- медленно прочитать текст, стараясь понять смысл изложенного;
- выделить ключевые слова в тексте;
- постараться понять основные идеи, подтекст и общий замысел автора.
- не терять из вида общий контекст и не погружаться чрезмерно в детали.
- провести критический разбор текста с последующим конспектированием.
- ответить после прочтения на вопросы, подготовленные к тексту.

Немаловажную роль играют записи, сделанные в процессе чтения материала. Они являются серьезным подспорьем в подготовке к экзаменам, т.к. позволяют включать глубинную память и воспроизводить содержание ранее прочитанной книги.

Существует три основных способа записи:

а) запись интересных, важных для запоминания или последующего использования положений и фактов;

б) последовательная запись мыслей автора, по разделам, главам, параграфам книги. Такая запись требует творческой переработки прочитанного, что способствует прочному усвоению содержания книги;

в) краткое изложение прочитанного: содержание страниц укладывается в несколько фраз, содержание глав - в несколько страниц связного текста. Этот вид записи проще, ближе к первоисточнику, но при этом творческая мысль читателя пассивнее, а поэтому усвоение материала слабее

Важной составляющей научного издания является список литературы, на которую ссылается автор. При возникновении интереса к какой-то обсуждаемой в тексте проблеме всегда есть возможность обратиться к этому списку.

**Консультации** являются эффективными формами обучения. Они используются для оказания помощи студентам при подготовке к текущей и итоговой аттестации, лекциям, практическим и лабораторным занятиям, а также индивидуальной работы преподавателя со студентами, желающими углубленно изучить материал.

**Основные рекомендации для организации самостоятельной работы:**

- перед изучением новой темы пройдите «входной контроль», что позволит выявить и устранить пробелы в знаниях;

- при ознакомлении с новым разделом материала определите на решение, каких задач он направлен в теоретическом и практическом плане, на какие профессиональные компетентности обращен, с какими разделами предыдущего материала связан;

- систематически прорабатывайте материал аудиторных занятий (по конспектам учебной и научной литературе), выполняйте домашние задания, расчетно-графические работы и упражнения, готовьте доклады для выступлений на семинарах и практических занятиях, тематических дискуссиях и деловых играх;

- регулярно проводите текущий самоконтроль пройденного материала, применяя для этого вопросы и тесты;
- используйте консультации преподавателя для получения разъяснений по сложным разделам материала и текущего контроля знаний;
- используйте кафедральные методические указания по выполнению самостоятельных домашних заданий, расчетно-графических работ и упражнений;

### **Виды и формы отработки пропущенных занятий**

Студент, пропустивший занятия, обязан ознакомиться с теоретическим материалом по теме пропущенного занятия; предварительно выполнив пропущенный расчет, прийти на консультацию к преподавателю для проверки правильности выполненного расчета.

## **12. Методические рекомендации преподавателям по организации обучения по дисциплине**

### 1. Лекции

Используются следующие методы, средства и формы обучения:

**1. Методы обучения.** В процессе чтения лекции необходимо привлекать студентов активно принимать участие в усвоении и понимании материала, задавая вопросы и комментируя ответы студентов.

**а) по характеру познавательной деятельности:**

- репродуктивный,
- проблемный.

**б) по источнику знаний:**

- словесный,
- наглядный (схемы, рисунки, модели, презентации).

**Контроль усвоения** осуществляется путем проведения зачета.

### 2. Практические занятия

Проведение практических занятий должно соответствовать их основной цели: формированию необходимых умений и навыков.

Формы практических занятий могут быть разные: обсуждение и анализ, тестирование по теме занятий, и др.

При подготовке к практическому занятию преподавателю необходимо уточнить план его проведения, продумать формулировки и содержание учебных вопросов, выносимых на обсуждение, ознакомиться с новыми публикациями. Завести рабочую тетрадь, в которой учитывать посещаемость занятий студентами и оценивать их работу в соответствующих баллах. Оказывать методическую помощь студентам в подготовке рефератов по вопросам обсуждаемой темы.

При проведении практических занятий могут быть использованы различные методы организации учебной работы. Более высокий уровень самостоятельности студентов на практических занятиях может быть достигнут при работе по индивидуальным заданиям под руководством преподавателя.



### 3.Лабораторные занятия

Лабораторные занятия по дисциплине «Моделирование насосов и насосных агрегатов» направлены на формирование у студента профессиональных компетенций, включая приобретения знаний, навыков и умений в проектно-изыскательской, производственно-технологической, организационно-управленческой и научно-исследовательской деятельности

Лабораторные занятия являются связующим звеном теории и практики. Они позволяют углубить и закрепить теоретические знания, получаемые на лекциях, проверить научно-теоретические положения экспериментальным путем, выработать у студентов практические умения и навыки. Одновременно они являются базой для научно-исследовательской работы студентов.

Лабораторные работы должны тематически следовать за определенными разделами теоретического курса. Особое внимание при проведении лабораторных преподавателю следует уделить вопросам, направленным на понимание студентами их необходимости для своей специальности, на их связь с теоретическим материалом, на уяснение физических процессов и сделанные обучаемым выводы.

Студенты должны заранее самостоятельно подготовиться к лабораторной работе с использованием указанной преподавателем литературы: учебники, лекции, методические указания. Подготовить ответы на контрольные вопросы, предложенные преподавателем к данной лабораторной работе.

Перед проведением лабораторных работ преподаватель проводит подробный инструктаж по технике безопасности, и каждый студент расписывается в своем журнале о его получении. Допуск студентов к проведению лабораторной работы производится после проверки усвоения последовательности проведения лабораторной работы и контрольных вопросов, указанных в задании, включая правила техники безопасности.

Преподаватель должен тщательно организовать проведение лабораторной работы и принимать все меры к развитию у студентов самостоятельности, инициативы и творческого подхода при ее выполнении, оказывать им в необходимых случаях помощь, но не ограничивая их самостоятельность. Следить за правильным использованием аппаратуры, приборов, инструмента, точным выполнением студентами правил техники безопасности и эффективности использования учебного времени.

Лабораторные работы по дисциплине «Насосы и насосные установки» должны обеспечить знакомство студентов с современным насосным оборудованием, с конструкцией различных типов насосов, технологией запуска насосных агрегатов в работу. А также измерительной аппаратурой и приборами (вакуумметрами, манометрами, расходомерами,), методами измерений, методиками проведения исследований, , и.т.д.

**- Студентам категорически запрещается:**

1. Самостоятельно включать лабораторный стенд и останавливать его работу.

2. Осматривать или изучать лабораторный стенд, который не относится к теме текущих занятий.

3. Открывать или закрывать задвижки, краны на стенде, включать и отключать приборы и оборудование.

4. Перемещать узлы и детали установки, разбирать и внештатно использовать ее элементы.

5. Подходить к распределительному электрощиту.

6. Покидать лабораторию насосов и насосных установок без разрешения преподавателя или зав. лабораторией.

Защита является завершающим этапом в проведении лабораторной работы. Обычно она происходит в виде ответов студентов на вопросы преподавателя. Студент, выполнивший и оформивший лабораторную работу, допускается к ее защите. Он должен уметь: отвечать на контрольные вопросы по экспериментальной и теоретической части работы; демонстрировать приемы работы на установке; пояснять выбранный способ обработки результатов экспериментов и обосновывать сделанные выводы.

Преподаватель оценивает ответы студента и проставляет результат защиты в форме зачета – зачтено / незачтено.

### **Программу разработал:**

Али М.С., к.т.н., доцент



(подпись)

**РЕЦЕНЗИЯ**  
**на рабочую программу дисциплины**  
**«Моделирование насосов и насосных агрегатов» ОПОП ВО по направлению 20.03.02 «Природообустройство и водопользование» направленность «Цифровизация инженерной инфраструктуры (систем водоснабжения и водоотведения)»**  
**(квалификация выпускника – бакалавр)**

Хановым Нартмиром Владимировичем, профессором кафедры гидротехнических сооружений ФГБОУ ВО РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева доктором технических наук (далее по тексту рецензент), проведена рецензия рабочей программы дисциплины «Моделирование насосов и насосных агрегатов» ОПОП ВО по направлению 20.03.02 – «Природообустройство и водопользование», направленность «Цифровизация инженерной инфраструктуры (систем водоснабжения и водоотведения)» (квалификация выпускника – бакалавр) разработанной в ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», на кафедре сельскохозяйственного водоснабжения и водоотведения (разработчик – Али М.С., к.т.н. доцент)

Рассмотрев представленные на рецензию материалы, рецензент пришел к следующим выводам:

1. Предъявленная рабочая программа дисциплины «Моделирование насосов и насосных агрегатов» (далее по тексту Программа) соответствует требованиям ФГОС по направлению 20.03.02 – «Природообустройство и водопользование». Программа содержит все основные разделы, соответствует требованиям к нормативно-методическим документам.

2. Представленная в Программе **актуальность** учебной дисциплины в рамках реализации ОПОП ВО не подлежит сомнению – дисциплина относится к вариативной части учебного цикла – Б1.В.ДВ.03.01

3. Представленные в Программе **цели** дисциплины соответствуют требованиям ФГОС направления 20.03.02 – «Природообустройство и водопользование»

4. В соответствии с Программой за дисциплиной «Моделирование насосов и насосных агрегатов» закреплено **2 компетенций**. Дисциплина «Моделирование насосов и насосных агрегатов» и представленная Программа способна реализовать их в объявленных требованиях.

5. **Результаты обучения**, представленные в Программе в категориях знать, уметь, владеть соответствуют специфике и содержанию дисциплины и демонстрируют возможность получения заявленных результатов.

6. Общая трудоёмкость дисциплины «Моделирование насосов и насосных агрегатов» составляет 3 зачётных единицы (108 часов).

7. Информация о взаимосвязи изучаемых дисциплин и вопросам исключения дублирования в содержании дисциплин соответствует действительности. Дисциплина «Моделирование насосов и насосных агрегатов» взаимосвязана с другими дисциплинами ОПОП ВО и Учебного плана по направлению 20.03.02 – «Природообустройство и водопользование» и возможность дублирования в содержании отсутствует. Поскольку дисциплина не предусматривает наличие

специальных требований к входным знаниям, умениям и компетенциям студента, хотя может являться предшествующей для специальных, в том числе профессиональных дисциплин, использующих знания в области Природообустройства и водопользования в профессиональной деятельности бакалавра по данному направлению подготовки.

8. Представленная Программа предполагает использование современных образовательных технологий, используемые при реализации различных видов учебной работы. Формы образовательных технологий соответствуют специфике дисциплины.

9. Программа дисциплины «Моделирование насосов и насосных агрегатов» предполагает 6 занятий в интерактивной форме.

10. Виды, содержание и трудоёмкость самостоятельной работы студентов, представленные в Программе, соответствуют требованиям к подготовке выпускников, содержащимся во ФГОС ВО направления 20.03.02 – «Природообустройство и водопользование»..

11. Представленные и описанные в Программе формы текущей оценки знаний (опрос, как в форме обсуждения отдельных вопросов, так и выступления и участие в дискуссиях, участие в тестировании, работа над курсовым проектом), соответствуют специфике дисциплины и требованиям к выпускникам.

12. Форма промежуточного контроля знаний студентов, предусмотренная Программой, осуществляется в форме экзамена, что соответствует статусу дисциплины, как дисциплины вариативной части учебного цикла – Б1.В.ДВ.03.01 ФГОС направления 20.03.02 – «Природообустройство и водопользование».

13. Формы оценки знаний, представленные в Программе, соответствуют специфике дисциплины и требованиям к выпускникам.

14. Учебно-методическое обеспечение дисциплины представлено: основной литературой – 2 источника (базовый учебник), дополнительной литературой – 5 наименований, периодическими изданиями – 3 источников со ссылкой на электронные ресурсы, Интернет-ресурсы – 1 источника и соответствует требованиям ФГОС направления 20.03.02 – «Природообустройство и водопользование».

15. Материально-техническое обеспечение дисциплины соответствует специфике дисциплины «Моделирование насосов и насосных агрегатов» и обеспечивает использование современных образовательных, в том числе интерактивных методов обучения.

16. Методические рекомендации студентам и методические рекомендации преподавателям по организации обучения по дисциплине дают представление о специфике обучения по дисциплине «Моделирование насосов и насосных агрегатов».

## ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

На основании проведенной рецензии можно сделать заключение, что характер, структура и содержание рабочей программы дисциплины «Моделирование насосов и насосных агрегатов» ОПОП ВО по направлению 20.03.02 – «Природообустройство и водопользование», направленность «Цифровизация инженерной инфраструктуры (систем водоснабжения и водоотведения)» (квалификация бакалавр), разработанная Али М.С., к.т.н., доцент соответствует требованиям ФГОС ВО, современным требованиям экономики, рынка труда и позволит при её реализации успешно обеспечить формирование заявленных компетенций.

**Рецензент:** Ханов Н.В., профессор кафедры гидротехнических сооружений ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева», доктор технических наук.



(подпись)

«22» 10 2022г.