

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

**«БРАТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**Кафедра промышленной теплоэнергетики**

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по учебной работе

\_\_\_\_\_ Е.И. Луковникова

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
НАГНЕТАТЕЛИ И ТЕПЛОВЫЕ ДВИГАТЕЛИ**

**Б1.В.ДВ.11.01**

**НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ**

**13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника**

**ПРОФИЛЬ ПОДГОТОВКИ**

**Промышленная теплоэнергетика**

Программа академического бакалавриата

Квалификация (степень) выпускника: бакалавр

<b>СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ</b>		<b>Стр.</b>
<b>1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ .....</b>		3
<b>2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ .....</b>		3
<b>3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА ДИСЦИПЛИНЫ</b>		4
3.1 Распределение объёма дисциплины по формам обучения.....		4
3.2 Распределение объёма дисциплины по видам учебных занятий и трудоемкости .....		5
<b>4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>		5
4.1 Распределение разделов дисциплины по видам учебных занятий .....		5
4.2 Содержание дисциплины, структурированное по разделам и темам .....		7
4.3 Лабораторные работы.....		9
4.4 Практические занятия.....		9
4.5. Контрольные мероприятия: контрольная работа.....		10
<b>5. МАТРИЦА СООТНЕСЕНИЯ РАЗДЕЛОВ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ К ФОРМИРУЕМЫМ В НИХ КОМПЕТЕНЦИЯМ И ОЦЕНКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>		11
<b>6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ</b>		12
<b>7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>		12
<b>8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО – ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ» НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>		14
<b>9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>		14
9.1. Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных работ/практических работ .....		14
9.2. Методические указания по выполнению контрольной работы .....		32
<b>10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....</b>		37
<b>11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....</b>		37
<b>Приложение 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.....</b>		38
<b>Приложение 2. Аннотация рабочей программы дисциплины .....</b>		43
<b>Приложение 3. Протокол о дополнениях и изменениях в рабочей программе .....</b>		44

# 1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

## Вид деятельности выпускника

Дисциплина охватывает круг вопросов, относящихся к научно-исследовательскому виду профессиональной деятельности выпускника в соответствии с компетенциями и видами деятельности, указанными в учебном плане.

## Цель дисциплины

Формирование у обучающихся и приобретение ими знаний в области нагнетателей и тепловых двигателей.

## Задачи дисциплины

Подготовить обучающихся к самостоятельной деятельности по выполнению научно-исследовательского вида профессиональной деятельности в условиях реального производства, а также эксплуатации нагнетателей и тепловых двигателей при минимальных затратах энергетических, материальных и трудовых ресурсов, обеспечении охраны окружающей среды и техники безопасности.

Код компетенции	Содержание компетенций	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
1	2	3
ПК-4	способностью к проведению экспериментов по заданной методике, обработке и анализу полученных результатов с привлечением соответствующего математического аппарата	<b>Знать:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Теоретические основы нагнетателей и тепловых двигателей в энергохозяйстве промпредприятий;</li><li>- Устройство и принцип действия вентиляторов, насосов, компрессоров, паровых и газовых турбин, двигателей внутреннего сгорания.</li><li>- Основные характеристики, параметры, методы регулирования, условия надежной работы, эксплуатации и испытания нагнетателей и тепловых двигателей.</li></ul> <b>Уметь:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Рассчитывать трубопроводную систему, выбирать тип и количество машин.</li><li>- Обеспечивать надежную и эффективную работу тепловых двигателей и нагнетателей;</li><li>- Проводить гидравлические испытания нагнетателей.</li></ul> <b>Владеть:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Навыками сбора и анализа исходных данных для проектирования нагнетателей и тепловых двигателей и их элементов в соответствии с нормативной документацией.</li><li>- Методикой оценки и анализа термодинамических и гидрогазодинамических процессов в турбинах, компрессорах, ДВС;</li><li>- Методикой выбора и расчета наиболее экономичных, надежных и безопасных режимов работы и регулирования тепловых двигателей и нагнетателей.</li></ul>

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина Б1.В.ДВ.11.01 Нагнетатели и тепловые двигатели относится к элективной части.

Дисциплина Б1.В.ДВ.11.01 Нагнетатели и тепловые двигатели базируется на знаниях, полученных при изучении Б1.Б.06 Математика (общий курс), Б1.Б.07 Физика (общая), Б1.Б.13 Материаловедение и ТКМ, Б1.В.05 Теоретическая механика, Б1.Б.15 Техническая термодинамика, Б1.Б.16 Тепломассообмен, Б1.Б.21 Гидрогазодинамика.

Основываясь на изучении перечисленных дисциплин, Б1.В.ДВ.11.01 Нагнетатели и тепловые двигатели представляет основу для изучения дисциплин: Б1.В.07 Охрана окружающей среды при работе теплоэнергетических объектов, Б1.В.08 Котельные установки и парогенераторы, Б1.В.10.01 Источники теплоснабжения, Б1.В.12 Технологические энергоносители предприятий, Б1.В.ДВ.09.01 Эксплуатация теплоэнергетических установок и систем, Б1.В.11 Тепломассообменное оборудование предприятий, Б1.В.ДВ.10.01 Основы трансформации тепла, Б1.В.ДВ.06.01 Энергобалансы предприятий, Б1.В.09 Системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха.

Такое системное междисциплинарное изучение направлено на достижение требуемого ФГОС уровня подготовки по квалификации бакалавр.

### 3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА ДИСЦИПЛИНЫ

#### 3.1. Распределение объема дисциплины по формам обучения

- для набора 2015-2018

Форма обучения	Курс	Семестр	Трудоемкость дисциплины в часах						Контрольная работа	Вид промежуточной аттестации
			Всего часов (с экз.)	Аудиторных часов	Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия	Самостоятельная работа		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Очная	3	5	180	85	34	34	17	68	кр	Экзамен
Заочная	3	-	180	14	4	6	4	157	кр	Экзамен
Заочная (ускоренное обучение)	2	-	180	8	4	2	2	163	кр	Экзамен
Очно-заочная	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

- для набора 2014

Форма обучения	Курс	Семестр	Трудоемкость дисциплины в часах						Контрольная работа	Вид промежуточной аттестации
			Всего часов (с экз.)	Аудиторных часов	Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия	Самостоятельная работа		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Очная	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Заочная	3	-	180	10	4	4	2	161	кр	Экзамен
Заочная (ускоренное обучение)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Очно-заочная	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

### 3.2. Распределение объема дисциплины по видам учебных занятий и трудоемкости

Вид учебных занятий	Трудо- емкость (час.)	в т.ч. в ин- терактив- ной, актив- ной, иннова- ционной формах, (час.)	Распреде- ние по семест- рам, час
			5
1	2	3	4
<b>I. Контактная работа обучающихся с преподавателем (всего)</b>	85	17	85
Лекции (Лк)	34	12	34
Практические занятия (ПЗ)	17	5	17
Лабораторные занятия (ЛБ)	34	-	34
Контрольная работа	+	-	+
Консультации	+	-	+
<b>II. Самостоятельная работа обучающихся (СР)</b>	68	-	68
Подготовка к практическим занятиям	17	-	17
Подготовка к лабораторным работам	17	-	17
Выполнение контрольной работы	17	-	17
Подготовка к экзамену в течение семестра	17	-	17
<b>III. Промежуточная аттестация экзамен</b>	27	-	27
Общая трудоемкость дисциплины ..... час.	180	-	180
зач. ед.	5	-	5

## 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1. Распределение разделов дисциплины по видам учебных занятий

- для очной формы обучения:

№ раз- дела и темы	Наименование раздела и тема дисциплины	Трудо- ем- кость, (час.)	Виды учебных занятий, включая само- стоятельную работу обучающихся и трудоёмкость; (час.)			
			учебные занятия			самосто- ятельная работа обучаю- щихся*
			лек- ции	лабо- ра- тор- ные рабо- ты	практи- ческие занятия	
1	2	3	4	5	6	7
<b>1.</b>	<b>Нагнетатели</b>	<b>76,5</b>	<b>17</b>	<b>20</b>	<b>9</b>	<b>34</b>
1.1.	Общие сведения о нагнетателях	12	3	-	-	11
1.2.	Насосы и вентиляторы	47,5	10	20	9	12
1.3.	Компрессоры	17	4	-	-	11
<b>2.</b>	<b>Тепловые двигатели</b>	<b>76,5</b>	<b>17</b>	<b>14</b>	<b>8</b>	<b>34</b>
2.1.	Общие сведения о тепловых двигателях	12	2	-	-	11
2.2.	Паровые и газовые турбины	52,5	12	14	8	12
2.3.	Двигатели внутреннего сгорания	12	3	-	-	11
	<b>ИТОГО</b>	<b>153</b>	<b>34</b>	<b>34</b>	<b>17</b>	<b>68</b>

- для заочной формы обучения:

№ раздела и темы	Наименование раздела и тема дисциплины	Трудоемкость, (час.)	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость; (час.)			
			учебные занятия			самостоятельная работа обучающихся*
			лекции	лабораторные работы	практические занятия	
1	2	3	4	5	6	7
<b>1.</b>	<b>Нагнетатели</b>	<b>85,5</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>79</b>
1.1.	Общие сведения о нагнетателях	24	0,25	-	-	23
1.2.	Насосы и вентиляторы	37,5	1,5	3	2	33
1.3.	Компрессоры	24	0,25	-	-	24
<b>2.</b>	<b>Тепловые двигатели</b>	<b>85,5</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>78</b>
2.1.	Общие сведения о тепловых двигателях	27	0,25	-	-	26
2.2.	Паровые и газовые турбины	31,5	1,5	3	2	26
2.3.	Двигатели внутреннего сгорания	27	0,25	-	-	26
	<b>ИТОГО</b>	<b>171</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>157</b>

для заочной формы обучения (ускоренное обучение):

№ раздела и темы	Наименование раздела и тема дисциплины	Трудоемкость, (час.)	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость; (час.)			
			учебные занятия			самостоятельная работа обучающихся*
			лекции	лабораторные работы	практические занятия	
1	2	3	4	5	6	7
<b>1.</b>	<b>Нагнетатели</b>	<b>85,5</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>82</b>
1.1.	Общие сведения о нагнетателях	24	0,25	-	-	27
1.2.	Насосы и вентиляторы	37,5	1,5	1	1	28
1.3.	Компрессоры	24	0,25	-	-	27
<b>2.</b>	<b>Тепловые двигатели</b>	<b>85,5</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>81</b>
2.1.	Общие сведения о тепловых двигателях	27	0,25	-	-	27
2.2.	Паровые и газовые турбины	31,5	1,5	1	1	27
2.3.	Двигатели внутреннего сгорания	27	0,25	-	-	27
	<b>ИТОГО</b>	<b>171</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>163</b>

#### 4.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам и темам

<i>№ раздела и темы</i>	<i>Наименование раздела и темы дисциплины</i>	<i>Содержание лекционных занятий</i>	<i>Вид занятия в интерактивной, активной, инновационной формах, (час.)</i>
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
<b>1.</b>	<b>Нагнетатели</b>		
1.1.	Общие сведения о нагнетателях	Место и роль нагнетателей в системах теплоэнергоснабжения промышленных предприятий. Типы коммуникаций в системах промышленной теплоэнергетики. Основные понятия и определения. Классификация нагнетателей по конструктивному и энергетическому признаку. Основные параметры нагнетателей: подача, давление, напор, мощность и КПД машин.	
1.2.	Насосы и вентиляторы	Классификация и принцип действия нагнетателей кинетического действия. Теоретический напор нагнетателя. Уравнение Эйлера. Зависимость напора от характерных размеров ступени и частоты вращения колеса нагнетателя. Теоретические и действительные характеристики нагнетателей. Совместная работа нагнетателей. Параллельная и последовательная работа нагнетателей на общую сеть. Регулирование подачи. Поля рабочих параметров при различных способах регулирования. Сводные графики. Многоступенчатые и многопоточные центробежные машины. Кавитация. Допустимая высота всасывания. Классификация нагнетателей объемного действия. Ротационные (винтовые, зубчатые) и поршневые нагнетатели. Особенности их работы. Область применения. Поршневые насосы: способ действия. Индикаторная диаграмма. Подача поршневых насосов. Неравномерность подачи и всасывания. Характеристики. Регулирование подачи. Струйные нагнетатели: Устройство и принцип действия. Классификация. Вихревые нагнетатели: Устройство и принцип действия. Пневматические нагнетатели: Устройство и принцип действия. Классификация. Конструкции и области применения.	Лекция с текущим контролем (6 часов)
1.3.	Компрессоры	Поршневые компрессоры: индикаторная диаграмма. Процессы сжатия и расширения газа в поршневом компрессоре. Мощность и КПД. Мертвое пространство и подача. Конструктивные типы компрессоров. Подача и давление поршневого компрессора, работающего на трубопровод. Регулирование подачи. Количество ступеней, промежуточное давление. Ступенчатое сжатие, охлаждение. Центробежные и осевые компрессоры: основные характеристики. Конструкции центробежных компрессоров. Система регулирования производительности и защита компрессора. Компрессорные установки. Выбор привода и оборудования компрессорных установок. Вопросы эксплуатации компрессорных установок.	

1	2	3	4
2.	<b>Тепловые двигатели</b>		
2.1.	Общие сведения о тепловых двигателях	Область применения различных типов тепловых двигателей, классификация.	
2.2.	Паровые и газовые турбины	<p>Теоретические основы турбинной ступени: Понятие об активной и реактивной ступени. Рабочий процесс в турбинной ступени активного и реактивного действия. Сопловая и рабочая решетка. Конструктивное выполнение сопловых и рабочих решеток. Работа, мощность и методика расчета турбинной ступени. Баланс энергии и структура КПД турбинной ступени. Типы потерь в проточной части турбины. Зависимость КПД ступени от отношения окружной скорости лопаток к скорости истечения пара из сопла.</p> <p>Многоступенчатые турбины: Достоинства и конструктивные особенности многоступенчатых активных и реактивных турбин. Особенности теплового процесса в многоступенчатой турбине. Распределение теплоперепадов между ступенями. Коэффициент возврата теплоты. Способы парораспределения и их влияние на тепловой процесс турбины. Изменения нагрузки турбины способом скользящего давления. Влияние отклонения начальных параметров пара и конечного давления на мощность турбины. Системы регулирования турбин. Схемы маслоснабжения турбин.</p> <p>Конденсационные и теплофикационные турбины. Энергетическая эффективность комбинированной выработки электрической и тепловой энергии. Турбины для комбинированной выработки теплоты и электроэнергии: с противодействием, с одним регулируемым отбором пара, с двумя регулируемым отборами пара, с одним регулируемым отбором пара и противодействием. Применение встроенных пучков в конденсаторах теплофикационных турбин. Диаграммы переменных режимов турбин различных типов. Конденсационные установки паровых турбин. Устройство и тепловой расчет конденсатора. Конструкции конденсаторов. Воздухоотсасывающее устройство. Принцип действия, классификация, циклы газотурбинных установок. Работа газовой турбины в составе энергетических и приводных газотурбинных установок. Типы газовых турбин и особенности их конструкций. Схемы ГТУ открытого и закрытого типов. Утилизационные и теплофикационные ГТУ. Парогазовые установки. Эксплуатационные показатели ГТУ.</p>	Лекция с текущим контролем (6 часов)
2.3.	Двигатели внутреннего сгорания	Принцип работы, классификация и область применения двигателей внутреннего сгорания, двигателей Стирлинга. Схемы двигателей. Основные показатели работы двигателей.	



### 4.3. Лабораторные работы

<i>№ п/п</i>	<i>Номер раздела дисциплины</i>	<i>Наименование лабораторной работы</i>	<i>Объем (час.)</i>	<i>Вид занятия в ин- терактивной, активной, инновационной формах, (час.)</i>
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
1	1.	Построение рабочей характеристики одного насоса	7	-
2	1.	Построение рабочей характеристики насосов, включенных последовательно	7	-
3	1.	Построение рабочей характеристики насосов, включенных параллельно	7	-
4	2.	Изучение конструктивных особенностей различных типов турбин	7	-
5	2.	Принцип действия турбины (модели), определение КПД турбины	6	-
<b>ИТОГО</b>			<b>34</b>	<b>-</b>

### 4.4. Практические занятия

<i>№ п/п</i>	<i>Номер разде- ла дисци- плины</i>	<i>Наименование тем практических занятий</i>	<i>Объем (час.)</i>	<i>Вид занятия в ин- терактивной, активной, инновационной формах, (час.)</i>
1	1.	Определение гидравлического сопротивления сети. Расчет напора и давления гидравлических машин, работающих на сеть.	2	-
2	1.	Построение характеристики сети и нагнетателя. Определение рабочих параметров действующих нагнетателей. Нахождение рабочей точки.	3	Промежуточный контроль (2 часа)
3	1.	Пересчет характеристик центробежных нагнетателей при изменении частоты вращения, природы сжимаемого рабочего тела, используя формулы пропорциональности. Определение допустимой высоты всасывания.	4	-
4	2.	Рабочий процесс в турбинной ступени. Определение скоростей в решетках ступени, работы и мощности ступени.	4	-
5	2.	Определение параметров турбины для комбинированной выработки тепловой и электрической энергии.	4	Промежуточный контроль (3 часа)
<b>ИТОГО</b>			<b>17</b>	<b>5</b>

#### 4.5. Контрольные мероприятия: контрольная работа

*Цель:* закрепление теоретических и практических знаний по дисциплине «Нагнетатели и тепловые двигатели».

*Структура:* Каждое индивидуальное задание предполагает выполнение обучающимся:

- решение 4 контрольных задач;
- письменные ответы на 8 контрольных вопросов (для заочной формы обучения и заочной формы обучения (ускоренное обучение)).

*Основная тематика:* Контрольная работа представляет собой задание по двум разделам дисциплины «Нагнетатели» и «Тепловые двигатели».

*Рекомендуемый объем:* Контрольная работа выполняется на листах форматом А4, объем 10-15 страниц (20-25 страниц для заочной формы обучения и для заочной формы обучения (ускоренное обучение)). Приводятся полные и краткие условия задач, необходимые схемы и графики, решение и ответ, контрольные вопросы и полные ответы на контрольные вопросы (для заочной формы обучения и для заочной формы обучения (ускоренное обучение)).

Выдача задания и прием контрольной работы проводится в соответствии с календарным учебным графиком.

<b>Оценка</b>	<b>Критерии оценки контрольной работы</b>
зачтено	Контрольная работа сдана в срок. В контрольной работе все задания выполнены правильно и в полном объеме. Решения задач содержат пояснения к расчетам. Вычисления приведены в развернутом виде, аргументированы, содержат графики. Даны полные ответы на контрольные вопросы.
не зачтено	Контрольная работа не сдана в установленный срок и 50% заданий не выполнено.

**5. МАТРИЦА СООТНЕСЕНИЯ РАЗДЕЛОВ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ К ФОРМИРУЕМЫМ В НИХ КОМПЕТЕНЦИЯМ И ОЦЕНКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

<i>№, наименование разделов дисциплины</i>	<i>Кол-во часов</i>	<i>Компетенции</i>	<i>Σ комп.</i>	<i>t<sub>ср</sub>, час</i>	<i>Вид учебных занятий</i>	<i>Оценка результатов</i>
		<i>ПК</i>				
		<i>4</i>				
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
1. Нагнетатели	76,5	+	1	76,5	ЛК, ПЗ, ЛР,СР	кр, экзамен
2. Тепловые двигатели	76,5	+	1	76,5	ЛК, ПЗ, ЛР,СР	кр, экзамен
<i>всего часов</i>	<b>153</b>	<b>153</b>	<b>1</b>	<b>153</b>		

## 6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

1. Латушкина, С. В. Нагнетатели и тепловые двигатели: методические указания к выполнению контрольной и самостоятельной работ / С. В. Латушкина. - Братск: БрГУ, 2014. - 24 с.

2. Сорокина, Л. В. Нагнетатели и тепловые двигатели: лабораторный практикум / Л. В. Сорокина. - Братск: БрИИ, 1998. - 22 с.

3. Дячек, П. И. Насосы, вентиляторы, компрессоры: учебное пособие / П. И. Дячек. - Москва: АСВ, 2012. - 432 с.

4. Гримитлин, А. М. Насосы, вентиляторы, компрессоры в инженерном оборудовании зданий [Electronic resource]: учебное пособие / А. М. Гримитлин, О. П. Иванов, В. А. Пухкал. - Санкт-Петербург: АВОК Северо-Запад, 2006. - 1 эл. опт. диск (CD-ROM).

5. Трухний, А. Д. Теплофикационные и паровые турбины и турбоустановки : учебное пособие для вузов / А. Д. Трухний, Б. В. Ломакин. - Москва: МЭИ, 2002. - 539 с.

## 7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	<i>Наименование издания</i>	<i>Вид занятия</i>	<i>Количество экземпляров в библиотеке, шт.</i>	<i>Обеспеченность, (экз./ чел.)</i>
1	2	3	4	5
<b>Основная литература</b>				
1.	Энергосиловое оборудование систем жизнеобеспечения: учебник / А.А. Дружинин, В.В. Гладкевич, И.П. Кравчук, Е.М. Росляков; под ред. Е.М. Рослякова. - Санкт-Петербург.: Политехника, 2012. - 353 с.: схем., ил. - Библиогр. в кн. - ISBN 5-7325-0669-1; То же [Электронный ресурс]. - URL: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=129566">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=129566</a>	Лк, ЛР, ПЗ	1(ЭУ)	1
2.	Щинников, П.А. Проектирование одноцилиндровой конденсационной турбины: учебное пособие / П.А. Щинников; Министерство образования и науки Российской Федерации, Новосибирский государственный технический университет. - Новосибирск: НГТУ, 2013. - 83 с. - ISBN 978-5-7782-2226-7; То же [Электронный ресурс]. - URL: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=228883">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=228883</a>	Лк, ЛР, ПЗ	1(ЭУ)	1
<b>Дополнительная литература</b>				
3.	Энергосиловое оборудование систем жизнеобеспечения: учебник для вузов / Е.М.Росляков, И.П.Кравчук, В.В.Гладкевич, А.А.Дружинин; Под ред. Е.М.Рослякова. - Санкт-Петербург: Политехника, 2004. - 350 с.	Лк, ЛР, ПЗ	37	1
4.	Гримитлин, А. М. Насосы, вентиляторы, компрессоры в инженерном оборудовании зданий: учебное пособие / А. М. Гримитлин, О. П. Иванов, В. А. Пухкал. - Санкт-Петербург: АВОК Северо-Запад, 2006. - 212 с.	Лк, ЛР, ПЗ	18	0,5
5.	Цанев, С. В. Газотурбинные и парогазовые установки тепловых электростанций : учеб. пособие для вузов / С. В. Цанев, В. Д. Бузов, А. Н. Ремезов. - Москва : МЭИ, 2002. - 578 с.	Лк, ЛР	37	1
6.	Паровые и газовые турбины для электростанций : учебник для вузов / А. Г. Костюк, В. В. Фролов [и др.]. - 3-е изд., перераб. и доп. - Москва : МЭИ, 2008. - 556 с.	Лк, ЛР, ПЗ	5	0,5
7.	Черкасский, В. М. Насосы, вентиляторы, компрессоры:	Лк,	67	1

	учебник для вузов / В. М. Черкасский. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва: Энергоатомиздат, 1984. - 416 с.	ЛР, ПЗ		
8.	Нигматулин, И. Н. Тепловые двигатели : учебное пособие для вузов / И. Н. Нигматулин, П. Н. Шляхин, В. А. Ценев. - Москва : Высшая школа, 1974. - 375 с.	Лк, ЛР, ПЗ	11	0,5
9.	Трухний, А. Д. Стационарные паровые турбины : учебное пособие / А. Д. Трухний. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Энергоатомиздат, 1990. - 639 с.	Лк, ЛР, ПЗ	8	0,5
10.	Латушкина, С. В. Нагнетатели и тепловые двигатели: методические указания к выполнению контрольной и самостоятельной работ / С. В. Латушкина. - Братск: БрГУ, 2014. - 24 с.	Лк, ПЗ, кр	25	1
11.	Сорокина, Л. В. Нагнетатели и тепловые двигатели: лабораторный практикум / Л. В. Сорокина. - Братск: БрИИ, 1998. - 22 с.	ЛР	18	0,5
12.	Елсуков, В. К. Теплотехнические расчеты на предприятиях лесопромышленного комплекса: практикум / В. К. Елсуков, С. В. Латушкина. - Братск: БрГУ, 2005. - 81 с.	ЛР, ПЗ	86	1
13.	Павлов, К. Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии: учебное пособие для химико-технол. спец. вузов / К. Ф. Павлов, П. Г. Романков, А. А. Носков. - 10-е изд., перераб. и доп. - Ленинград: Химия, 1987. - 576 с.	ПЗ	42	1
14.	Панкратов, Г. П. Сборник задач по теплотехнике : учебное пособие для неэнергетических специальностей вузов / Г. П. Панкратов. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Высшая школа, 1986. - 247 с.	ПЗ	83	1
15.	Щепетильников, М. И. Сборник задач по курсу ТЭС: учебное пособие для вузов / М. И. Щепетильников, В. И. Хлопушин. - Москва : Энергоатомиздат, 1983. - 175 с.	ПЗ	62	1
16.	Лаптева, Н.Е. Центробежные насосы: учебно-методическое пособие / Н.Е. Лаптева. - Екатеринбург: Издательство Уральского университета, 2012. - 56 с. - ISBN 978-5-7996-0742-5; То же [Электронный ресурс]. - URL: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=239828">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=239828</a>	Лк, ЛР, ПЗ	1(ЭУ)	1
17.	Определение характеристик теплофикационной паровой турбины : методические указания / Федеральное агентство по образованию, Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет», Кафедра отопления и вентиляции ; сост. Л.М. Дыскин и др. - Нижний Новгород : ННГАСУ, 2009. - 39 с. : табл., граф. - Библиогр. в кн. ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=427264">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=427264</a>	Лк, ЛР, ПЗ	1(ЭУ)	1
18.	Ляшков В.И. Тепловые двигатели и нагнетатели: Учебное пособие. - Тамбов: Изд-во ТГТУ, 2009. - 124 с. <a href="http://window.edu.ru/resource/328/68328">http://window.edu.ru/resource/328/68328</a>	Лк, ЛР, ПЗ	1(ЭУ)	1
19.	Беляев Л.А. Турбины тепловых и атомных электрических станций: Конспект лекций. - Томск: Томский политехнический ун-т, 2009. - 142 с. <a href="http://window.edu.ru/resource/905/73905">http://window.edu.ru/resource/905/73905</a>	Лк, ЛР, ПЗ	1(ЭУ)	1
20.	Рыбалко В.В., Часовских А.А. Методика теплового расчёта газотурбинных энергетических установок: учебное пособие. - СПб.: СПбГТУРП, 2002. - 120 с. <a href="http://window.edu.ru/resource/232/76232">http://window.edu.ru/resource/232/76232</a>	Лк	1(ЭУ)	1

## 8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО – ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ» НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Электронный каталог библиотеки БрГУ  
[http://irbis.brstu.ru/CGI/irbis64r\\_15/cgiirbis\\_64.exe?LNG=&C21COM=F&I21DBN=BOOK&P21DBN=BOOK&S21CNR=&Z21ID=](http://irbis.brstu.ru/CGI/irbis64r_15/cgiirbis_64.exe?LNG=&C21COM=F&I21DBN=BOOK&P21DBN=BOOK&S21CNR=&Z21ID=).
2. Электронная библиотека БрГУ  
<http://ecat.brstu.ru/catalog> .
3. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека online»  
<http://biblioclub.ru> .
4. Электронно-библиотечная система «Издательство «Лань»  
<http://e.lanbook.com> .
5. Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам"  
<http://window.edu.ru> .
6. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU  
<http://elibrary.ru> .
7. Университетская информационная система РОССИЯ (УИС РОССИЯ)  
<https://uisrussia.msu.ru/> .
8. Национальная электронная библиотека НЭБ  
<http://xn--90ax2c.xn--p1ai/how-to-search/> .

## 9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

### 9.1. Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных работ/практических работ

#### Лабораторная работа №1 Построение рабочей характеристики одного насоса

##### Цель работы:

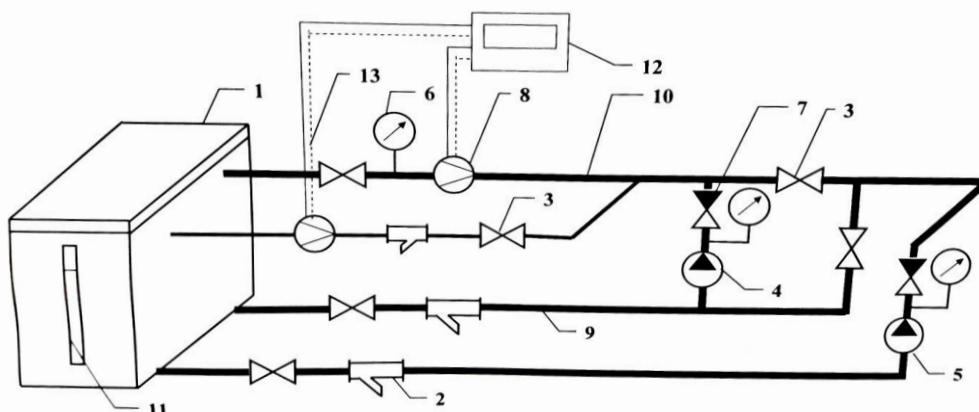
Ознакомление обучающихся с порядком проведения испытаний насоса на стенде и построение рабочих (действительных) характеристик на основании опытных данных.

##### Задание:

1. подключить насосную установку по схеме с одним насосом;
2. провести испытания одного насоса для 5 режимов;
3. построить рабочие характеристики одного насоса.

##### Порядок выполнения:

1. Подключается насосная установка по схеме с одним насосом №1 (4) или №2 (5) по заданию преподавателя;



1 - бак с водой; 2 – магнитомеханический фильтр (ММФ); 3 – шаровой кран; 4 – насос №1; 5 – насос №2; 6 – манометр; 7 – обратный клапан; 8 – расходомер; 9 – всасывающий трубопровод; 10 – напорный трубопровод; 11 – водомерное стекло; 12 – счетчик-регистратор «Пульсар»; 13 – линии связи.

Рис.1.1.- Принципиальная схема насосной установки

2. Проводятся замеры длин,  $l$ , м, и диаметров,  $d$ , мм, участков гидравлической сети. Определяются виды местных сопротивлений и их количество на каждом участке гидравлической сети. Данные заносятся в таблицу 1.1.

Таблица 1.1 – Данные по гидравлической сети

№ участка	$d$ , мм	$l$ , м	Вид местного сопротивления	Кол-во	$\xi$	$\Sigma\xi$

3. Проводятся испытания одного насоса для 5 режимов. Режим работы устанавливается шаровым краном на входе в бак (1) по манометру (6) с установкой избыточного давления, заданного преподавателем. С его помощью расход можно изменять от нуля до некоторого максимума (полное открытие). При каждом режиме снимаются расход воды,  $Q, \text{м}^3/\text{ч}$ , и мощность насоса,  $N_n, \text{Вт}$ ;
4. По рабочим формулам, приведенным в [11], рассчитываются для каждого режима необходимы напор насоса,  $H$ , м, полезная мощность,  $N_n, \text{Вт}$ , КПД насоса  $\eta_n, \%$ . Опытные и расчетные данные заносятся в таблицу 1.2.

Таблица 1.2 – Обработка результатов

Опытные данные					Расчетные данные									
№ п/п	$P_{изб}, \text{кПа}$	$Q, \text{м}^3/\text{ч}$	$N_n, \text{Вт}$	$Z, \text{м}$	$S_1, \text{с}^2/\text{м}^5$	$S_2, \text{с}^2/\text{м}^5$	$S_3, \text{с}^2/\text{м}^5$	$S_{общ}, \text{с}^2/\text{м}^5$	$h, \text{м}$	$\omega_1, \text{м/с}$	$\omega_2, \text{м/с}$	$H, \text{м}$	$N_n, \text{Вт}$	$\eta_n, \%$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

5. строятся рабочие характеристики одного насоса:

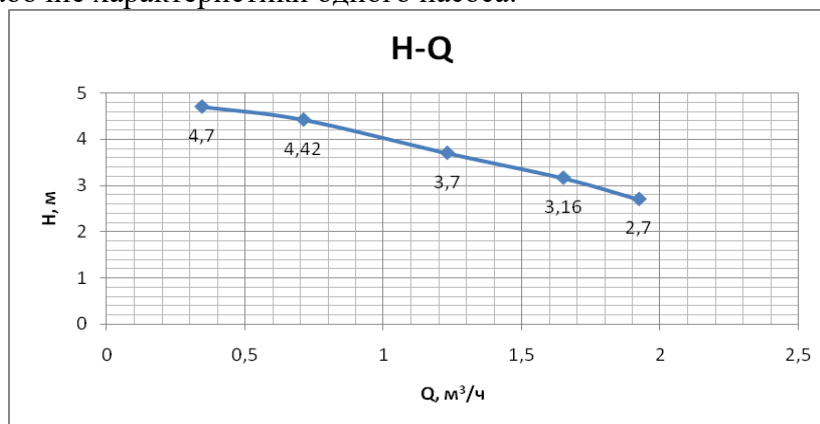


Рис1.2.- Напорная характеристика

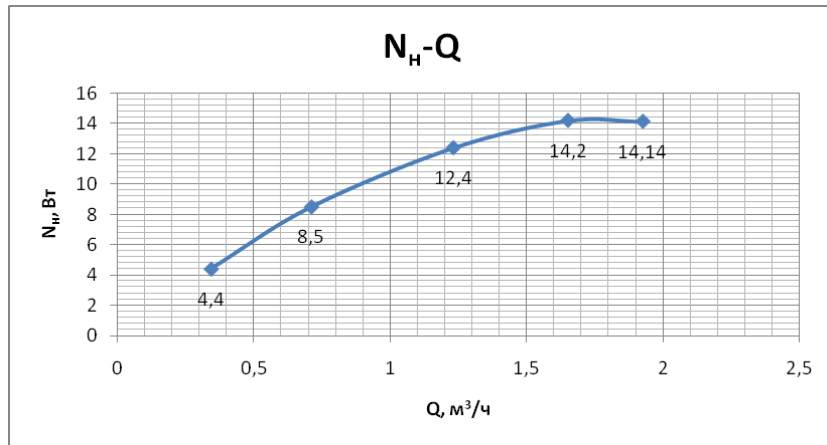


Рис.1.3.- Мощностная характеристика

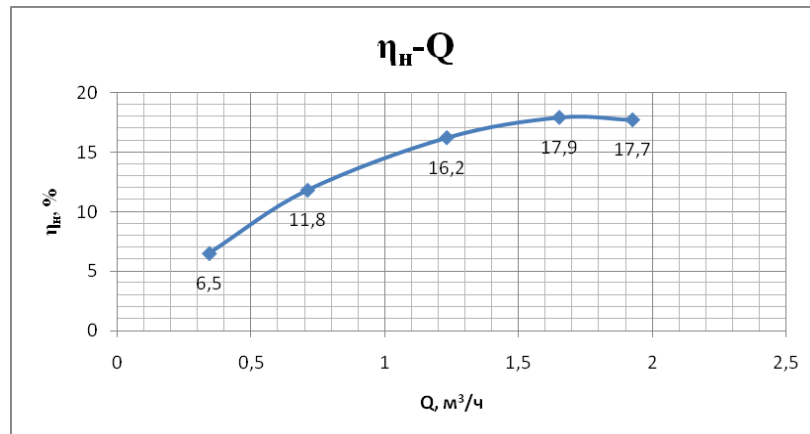


Рис.1.4.- Энергетическая характеристика

6. Делаются необходимые выводы

Форма отчетности:

Отчет набирается на компьютере или в рукописном виде. В отчете должны присутствовать:

1. номер и название лабораторной работы;
2. цель работы;
3. схема лабораторной установки;
4. таблицы;
5. рабочие формулы;
6. обработка результатов;
7. графики;
8. вывод.

Задания для самостоятельной работы:

1. проработать рекомендуемые источники, основную и дополнительную литературу по изучаемому вопросу с целью углубления, систематизации и расширения полученных знаний.
2. ответить на контрольные вопросы для самопроверки.
3. составить отчет с указанием списка использованных источников.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе:

Подготовка к лабораторной работе начинается с проработки материала по методическим указаниям к проведению лабораторных работ и рекомендуемых источников.

Основная литература: [1]

Дополнительная литература: [3,4,7,11,16]

Контрольные вопросы для самопроверки:



1. Объясните принцип действия центробежного насоса.
2. Как определяются рабочие напор и подача насоса?
3. Как связаны между собой напор, подача, мощность и КПД насоса?
4. Перечислите характеристики насоса?
5. Что называется характеристикой сети?

### **Лабораторная работа №2 Построение рабочих характеристик насосов, включенных последовательно**

#### Цель работы:

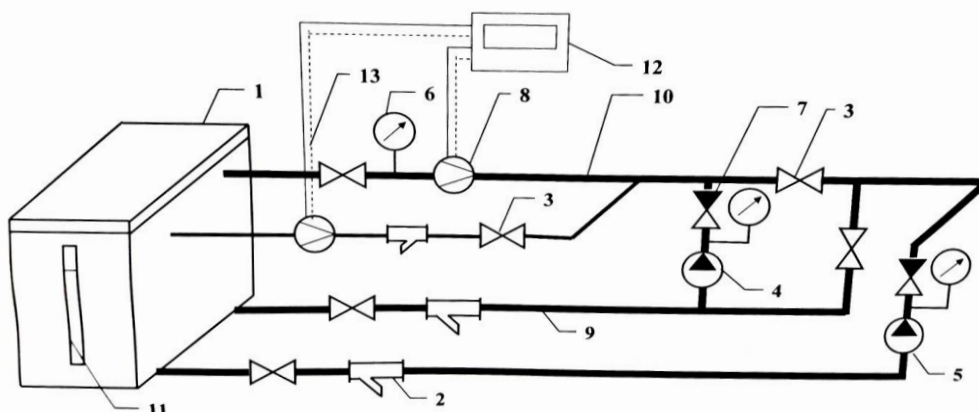
Ознакомление обучающихся с порядком проведения испытаний насосов на стенде и построение рабочих (действительных) характеристик насосов, включенных последовательно, на основании опытных данных.

#### Задание:

1. подключить насосную установку по схеме с двумя насосами, включенных последовательно;
2. провести испытания двух насосов, включенных последовательно, для 5 режимов;
3. построить рабочие характеристики двух насосов, включенных последовательно.

#### Порядок выполнения:

1. Подключается насосная установка по схеме с двумя насосами №1 (4) и №2 (5), включенных последовательно;



1 - бак с водой; 2 – магнитомеханический фильтр (ММФ); 3 – шаровый кран; 4 – насос №1; 5 – насос №2; 6 – манометр; 7 – обратный клапан; 8 – расходомер; 9 – всасывающий трубопровод; 10 – напорный трубопровод; 11 – водомерное стекло; 12 – счетчик-регистратор «Пульсар»; 13 – линии связи.

Рис.2.1. Принципиальная схема насосной установки

2. Проводятся замеры длин,  $l$ , м, и диаметров,  $d$ , мм, участков гидравлической сети. Определяются виды местных сопротивлений и их количество на каждом участке гидравлической сети. Данные заносятся в таблицу 2.1.

3.

Таблица 2.1 – Данные по гидравлической сети

№ участка	$d$ , мм	$l$ , м	Вид местного сопротивления	Кол-во	$\xi$	$\Sigma\xi$

4. Проводятся испытания двух насосов, включенных последовательно, для 5 режимов. Режим работы устанавливается шаровым краном на входе в бак (1) по манометру (6) с

установкой избыточного давления, заданного преподавателем. С его помощью расход можно изменять от нуля до некоторого максимума (полное открытие). При каждом режиме снимаются расход воды,  $Q, \text{м}^3/\text{ч}$ , и мощность насоса,  $N_n, \text{Вт}$ ;

- По рабочим формулам, приведенным в [11], рассчитываются для каждого режима необходимы напор насоса,  $H, \text{м}$ , полезная мощность,  $N_n, \text{Вт}$ , КПД насоса  $\eta_n, \%$ . Опытные и расчетные данные заносятся в таблицу 2.2.

6.

Таблица 2.2 – Обработка результатов

Опытные данные					Расчетные данные									
№ п/п	$P_{\text{изб}}, \text{кПа}$	$Q, \text{м}^3/\text{ч}$	$N_n, \text{Вт}$	$Z, \text{м}$	$S_1, \text{с}^2/\text{м}^5$	$S_2, \text{с}^2/\text{м}^5$	$S_3, \text{с}^2/\text{м}^5$	$S_{\text{общ}}, \text{с}^2/\text{м}^5$	$h, \text{м}$	$\omega_1, \text{м/с}$	$\omega_2, \text{м/с}$	$H, \text{м}$	$N_n, \text{Вт}$	$\eta_n, \%$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

- строятся рабочие характеристики двух насосов, включенных последовательно:

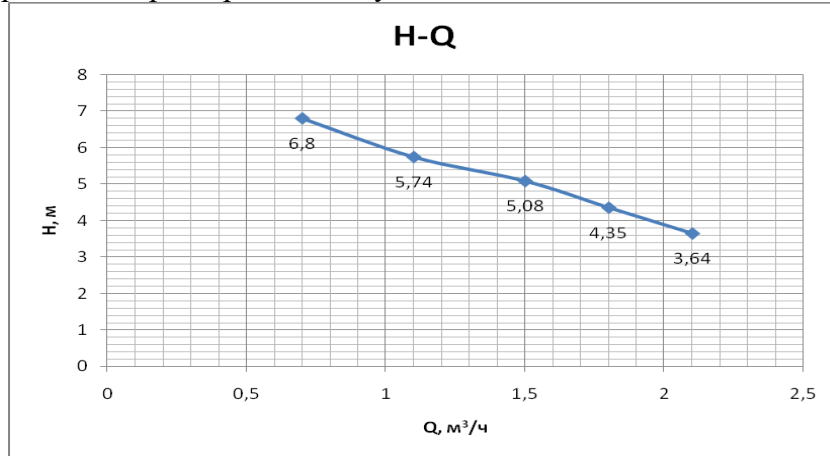


Рис.2.2.- Напорная характеристика

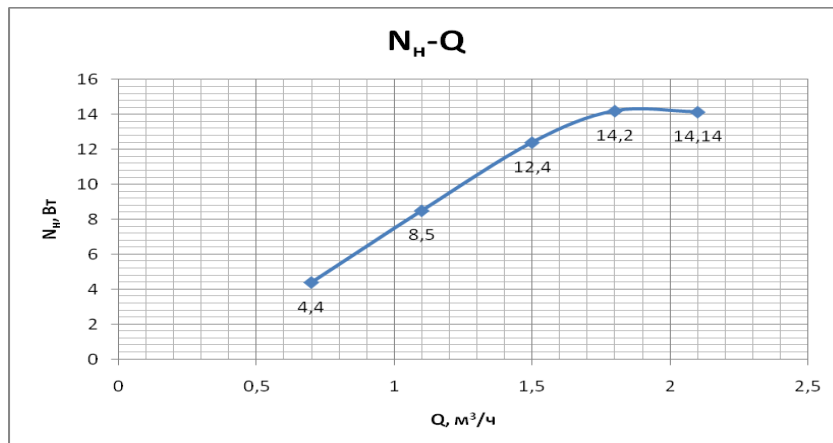


Рис.2.3.- Мощностная характеристика

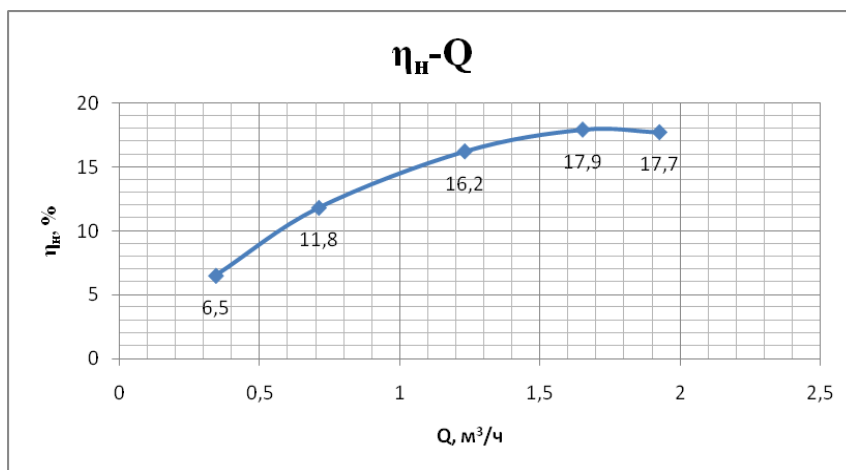


Рис..2.4.- Энергетическая характеристика

8. Делаются необходимые выводы

Форма отчетности:

Отчет набирается на компьютере или в рукописном виде. В отчете должны присутствовать:

1. номер и название лабораторной работы;
2. цель работы;
3. схема лабораторной установки;
4. таблицы;
5. рабочие формулы;
6. обработка результатов;
7. графики;
8. вывод.

Задания для самостоятельной работы:

1. проработать рекомендуемые источники, основную и дополнительную литературу по изучаемому вопросу с целью углубления, систематизации и расширения полученных знаний.
2. ответить на контрольные вопросы для самопроверки.
3. составить отчет с указанием списка использованных источников.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе:

Подготовка к лабораторной работе начинается с проработки материала по методическим указаниям к проведению лабораторных работ и рекомендуемых источников.

Основная литература: [1]

Дополнительная литература: [3,4,7,11,16]

Контрольные вопросы для самопроверки:

1. Влияет ли на напор и подачу последовательное соединение насосов?
2. Для чего и как определяется рабочая (режимная) точка?
3. Как графически построить совместную характеристику двух насосов, включенных последовательно?

**Лабораторная работа №3 Построение рабочих характеристик насосов, включенных параллельно**

Цель работы:

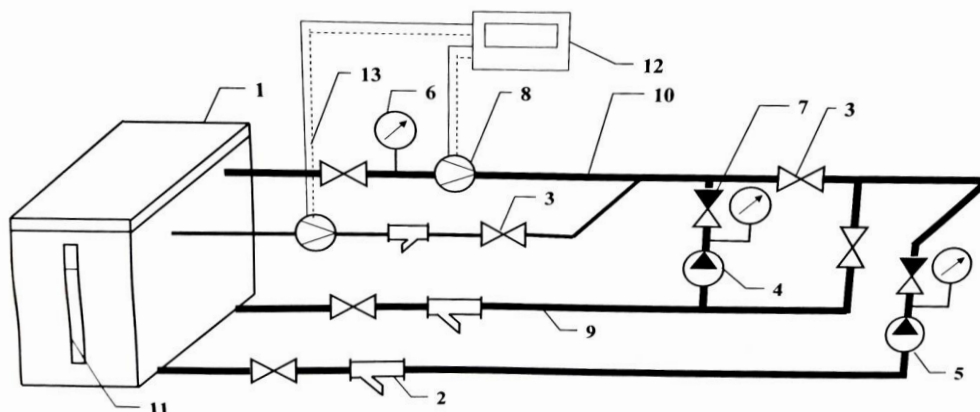
Ознакомление обучающихся с порядком проведения испытаний насосов на стенде и построение рабочих (действительных) характеристик насосов, включенных параллельно, на основании опытных данных.

Задание:

1. подключить насосную установку по схеме с двумя насосами, включенных параллельно;
2. провести испытания двух насосов, включенных параллельно, для 5 режимов;
3. построить рабочие характеристики двух насосов, включенных параллельно.

Порядок выполнения:

1. Подключается насосная установка по схеме с двумя насосами №1 (4) и №2 (5), включенных параллельно;



1 - бак с водой; 2 – магнитомеханический фильтр (ММФ); 3 – шаровой кран; 4 – насос №1; 5 – насос №2; 6 – манометр; 7 – обратный клапан; 8 – расходомер; 9 – всасывающий трубопровод; 10 – напорный трубопровод; 11 – водомерное стекло; 12 – счетчик-регистратор «Пульсар»; 13 – линии связи.

Рис.3.1.- Принципиальная схема насосной установки

2. Проводятся замеры длин,  $l$ , м, и диаметров,  $d$ , мм, участков гидравлической сети. Определяются виды местных сопротивлений и их количество на каждом участке гидравлической сети. Данные заносятся в таблицу 3.1.

Таблица 3.1 – Данные по гидравлической сети

Линия	№ участка	$d$ , мм	$l$ , м	Вид местного сопротивления	Кол-во	$\xi$	$\Sigma\xi$
Линия I насоса	1						
	2						
	3						
Линия II насоса	1						
	2						
	3						
	4						

3. Проводятся испытания двух насосов, включенных параллельно, для 5 режимов. Режим работы устанавливается шаровым краном на входе в бак (1) по манометру (6) с установкой избыточного давления, заданного преподавателем. С его помощью расход можно изменять от нуля до некоторого максимума (полное открытие). При каждом режиме снимаются расход воды,  $Q$ , м<sup>3</sup>/ч, и мощность насоса,  $N_n$ , Вт;

4. По рабочим формулам, приведенным в [11], рассчитываются для каждого режима необходимы напор насоса,  $H$ , м, полезная мощность,  $N_p$ , Вт, КПД насоса  $\eta_n$ , %. Опытные и расчетные данные заносятся в таблицу 3.2.

Таблица 3.2 – Обработка результатов

Опытные данные					Расчетные данные																			
№ п/п	Р <sub>изб.</sub> , кПа	Q, м <sup>3</sup> /ч	N <sub>н.</sub> , Вт	Z, м	Линия I насоса					Линия II насоса					a	S <sub>1п.</sub> , с <sup>2</sup> /м <sup>5</sup>	S <sub>4</sub> , с <sup>2</sup> /м <sup>5</sup>	S <sub>общ.</sub> , с <sup>2</sup> /м <sup>5</sup>	h, м	ω <sub>1</sub> , м/с	ω <sub>2</sub> , м/с	H, м	N <sub>н.</sub> , Вт	η <sub>н.</sub> , %
					S <sub>1п.</sub> , с <sup>2</sup> /м <sup>5</sup>	S <sub>2п.</sub> , с <sup>2</sup> /м <sup>5</sup>	S <sub>3п.</sub> , с <sup>2</sup> /м <sup>5</sup>	S <sub>общ.</sub> , с <sup>2</sup> /м <sup>5</sup>	a <sub>I</sub>	S <sub>1п.</sub> , с <sup>2</sup> /м <sup>5</sup>	S <sub>2п.</sub> , с <sup>2</sup> /м <sup>5</sup>	S <sub>3п.</sub> , с <sup>2</sup> /м <sup>5</sup>	S <sub>общ.</sub> , с <sup>2</sup> /м <sup>5</sup>	a <sub>II</sub>										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25

5. строятся рабочие характеристики двух насосов, включенных параллельно:

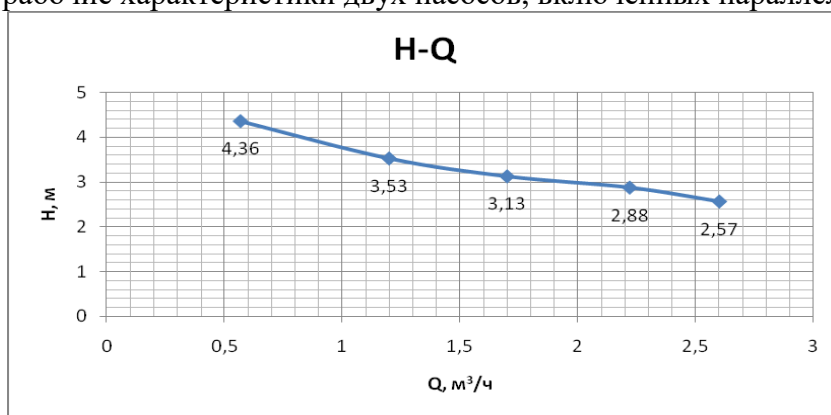


Рис3..2.- Напорная характеристика

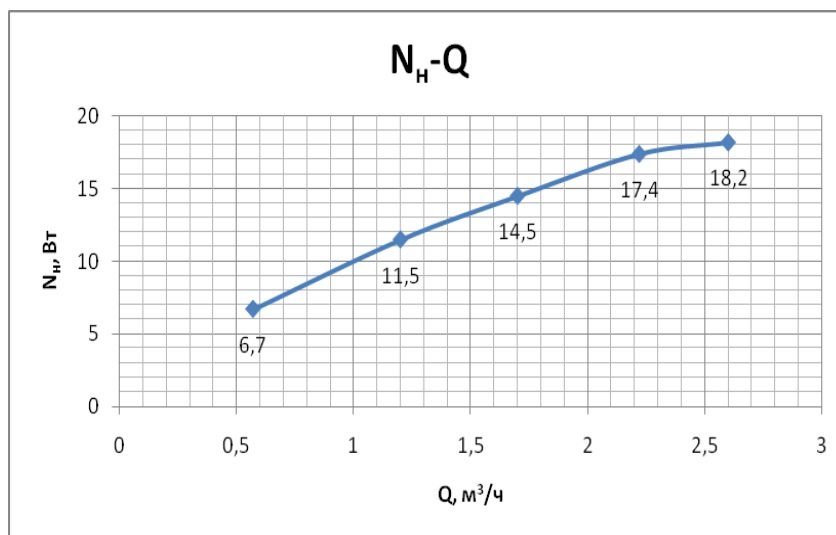


Рис.3.3.- Мощностная характеристика

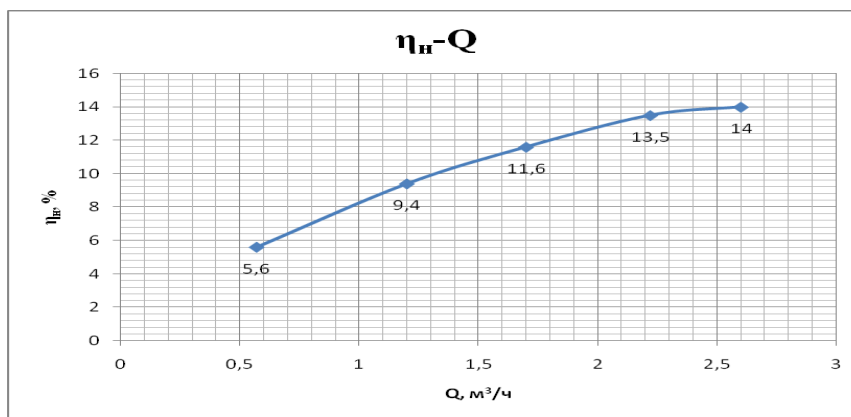


Рис.3.4.- Энергетическая характеристика

6. Делаются необходимые выводы

Форма отчетности:

Отчет набирается на компьютере или в рукописном виде. В отчете должны присутствовать:

1. номер и название лабораторной работы;
2. цель работы;
3. схема лабораторной установки;
4. таблицы;
5. рабочие формулы;
6. обработка результатов;
7. графики;
8. вывод.

Задания для самостоятельной работы:

1. проработать рекомендуемые источники, основную и дополнительную литературу по изучаемому вопросу с целью углубления, систематизации и расширения полученных знаний.
2. ответить на контрольные вопросы для самопроверки.
3. составить отчет с указанием списка использованных источников.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе:

Подготовка к лабораторной работе начинается с проработки материала по методическим указаниям к проведению лабораторных работ и рекомендуемых источников.

Основная литература: [1]

Дополнительная литература: [3,4,7,11,16]

Контрольные вопросы для самопроверки:

1. Чем обусловлено параллельное включение насосов в общую трубопроводную систему?
2. Зависят ли от режима нагрузки совместно работающих машин подача, мощность и КПД каждой из них?
3. На какую сеть, имеющую значительные или незначительные гидравлические сопротивления, предпочтительнее устанавливать насосы параллельно и почему?
4. Как определяется гидравлическое сопротивление сети, состоящей из параллельных участков?

## Лабораторная работа № 4 Принцип действия турбины (модели), определение КПД турбины

### Цель работы:

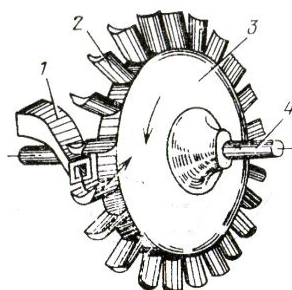
Ознакомление обучающихся с принципом действия турбины, методикой определения располагаемой и электрической мощностей, коэффициента полезного действия турбины

### Задание:

1. Ознакомиться с принципом действия турбины на примере модели турбины;
2. Включить установку;
3. Измерить необходимые параметры;
4. Определить располагаемую и электрическую мощности, относительно электрический КПД турбины

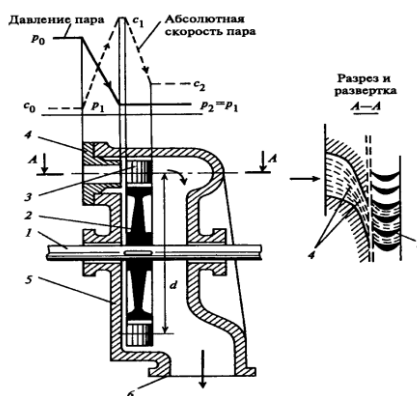
### Порядок выполнения:

1. Проводится ознакомление с принципом действия турбины на примере модели турбины;



1 – сопло; 2 – рабочие лопатки; 3 – диск; 4 – вал

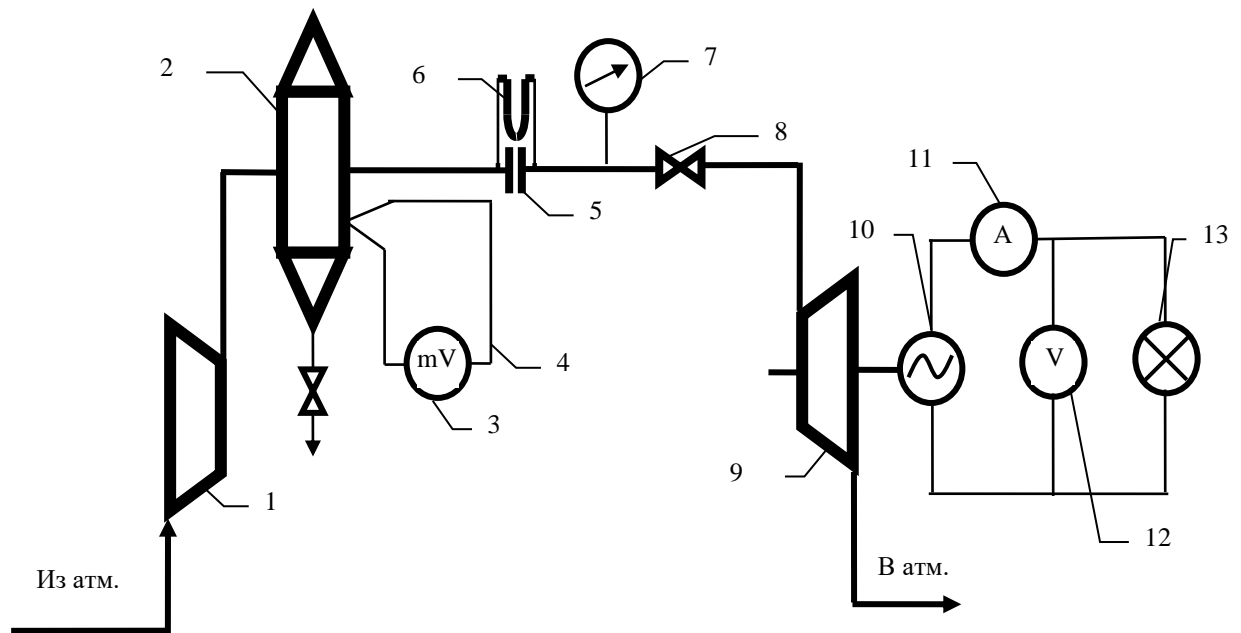
Рис. 4.1 Принцип действия турбины



1 – вал; 2 – диск; 3 – рабочие лопатки; 4 – сопловая решетка; 5 – корпус; 6 – выпускной патрубков

Рис. 4.2. Схематический разрез одноступенчатой активной турбины

2. Включается в работу газотурбинная установка. Компрессор 1 (рис. 4.3) засасывает из атмосферы воздух, сжимает его до давления  $p_0$ , подает в ресивер 2 (воздушный баллон), основное назначение которого состоит в выравнивании колебаний давления в воздухопроводах. Затем открывается кран 8 и воздух направляется в турбину активного типа 9, где в сопловом канале турбины расширение воздуха от  $p_0$  до  $p_2$  сопровождается преобразованием потенциальной энергии в кинетическую. На рабочих лопатках происходит преобразование кинетической энергии потока в механическую энергию вращения вала. Вал турбины связан с динамо-машиной 10 (генератором), в электроцепь которой включена лампочка 13. Для контроля параметров установка имеет контрольно-измерительную аппаратуру (приборы).

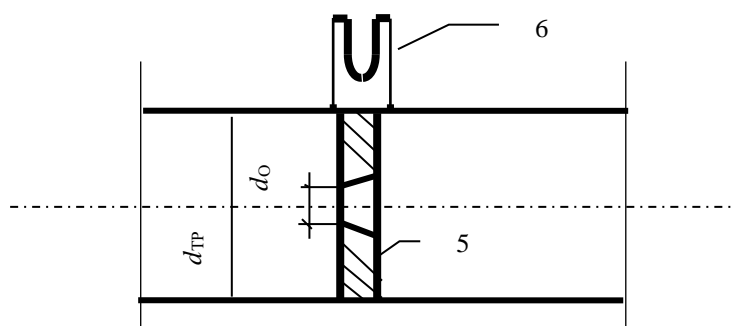


1 – компрессор; 2 – ресивер; 3 – милливольтметр; 4 – термопара; 5 – нормальная диафрагма; 6 – дифманометр; 7 – манометр; 8 – кран; 9 – турбина; 10 – динамо-машина (генератор); 11 – амперметр; 12 – вольтметр; 13 – электролампочка

Рис. 4.3.- Схема установки

3. Проводится измерение параметров различными приборами:

- давление воздуха перед турбиной  $p_0$  измеряется манометром 9 в ати;
- расход воздуха  $V$  – нормальной диафрагмой 5, (схема ее установки дана на рис. 4.4);



6 – дифманометр; 5 – нормальная диафрагма с отверстием  $d_0 = 3$  мм

Рис. 4.4. Схема измерения расхода с помощью диафрагмы (фрагмент рис. 4.3):

- сила тока  $I$ , А, – миллиамперметром 11;
- напряжение электрической цепи  $U$ , В, определяется по вольтметру 12;
- первичным прибором для измерения температуры  $t_b$ , °С, является термопара 4;
- перепад давления  $\Delta p$ , мм вод. ст., на диафрагме измеряется дифманометром 6.

Результаты измерения заносятся в табл. 4.1

Таблица 4.1

$\Delta p$ , мм вод. ст.	$p_0$ , ати	$p_0$ , ата	$p_0$ , Па	$t_b$ , °С	$T_0$ , К	$I$ , А	$U$ , В	$N_э$ , Вт



4. По рабочим формулам, приведенным в [11,12], рассчитываются располагаемая и электрическая мощности, относительно электрический КПД.

5. Делаются необходимые выводы.

#### Форма отчетности:

Отчет набирается на компьютере или в рукописном виде. В отчете должны присутствовать:

1. номер и название лабораторной работы;
2. цель работы;
3. схема лабораторной установки;
4. таблицы;
5. рабочие формулы;
6. обработка результатов;
7. вывод.

#### Задания для самостоятельной работы:

1. проработать рекомендуемые источники, основную и дополнительную литературу по изучаемому вопросу с целью углубления, систематизации и расширения полученных знаний.
2. ответить на контрольные вопросы для самопроверки.
3. составить отчет с указанием списка использованных источников.

#### Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе:

Подготовка к лабораторной работе начинается с проработки материала по методическим указаниям к проведению лабораторных работ и рекомендуемых источников.

#### Основная литература: [2]

#### Дополнительная литература: [5,6,8,9,11,12,17,18,19]

#### Контрольные вопросы для самопроверки:

1. Объясните принцип действия турбины.
2. Перечислите потери, возникающие при работе турбины?
3. Как определяются располагаемая и электрическая мощности турбины?
4. Какие потери оценивает КПД относительно электрический?

### **Лабораторная работа №5 Изучение конструктивных особенностей различных типов паровых турбин**

#### Цель работы:

Изучение конструктивных особенностей различных типов турбин.

#### Задание:

1. По ксерокопии паровой турбины, выданной преподавателем, изучить конструктивные особенности.

#### Порядок выполнения:

Работа выполняется следующим образом. В указанной последовательности определяются:

- 1) по буквенной части маркировки – тип турбины, по числовой части – мощность турбины и давление рабочего пара на нее;
- 2) число роторов турбины, которые размещаются в отдельных цилиндрах, при этом необходимо определить конструктивные особенности корпуса цилиндра высокого давления (однокорпусный или двухкорпусный) и направление потоков пара в корпусе;
- 3) конструктивные особенности первой регулирующей ступени (одновенечная, двухвенечная), ее размеры и размещение относительно ступеней давления;

4) число ступеней в каждом цилиндре, при этом сравниваются размеры лопаток первых и последних ступеней ротора, а также проточная часть турбины;

5) конструкции деталей: диафрагмы (и ее крепление в корпусе турбины); уплотнений; рабочих лопаток (и их крепление в теле диска); диска (и его крепление на валу турбины с соблюдением условия, что одна поковка с валом или диски насажены на вал в горячем состоянии);

6) конструкция валопровода (из скольких роторов состоит валопровод, какими муфтами соединяются отдельные роторы, а какой муфтой – валопровод турбины и ротор генератора);

7) конструкции подшипников, на которые опираются отдельные роторы, и фиксатора.

Далее вычерчивается схема потокораспределения пара в отдельных цилиндрах турбины.

#### Форма отчетности:

Отчет набирается на компьютере или в рукописном виде. В отчете должны присутствовать:

1. номер и название лабораторной работы;
2. цель работы;
3. ксерокопия паровой турбины;
4. описание конструктивных особенностей паровой турбины
5. схема потокораспределения пара в отдельных цилиндрах турбины.
6. вывод.

#### Задания для самостоятельной работы:

1. проработать рекомендуемые источники, основную и дополнительную литературу по изучаемому вопросу с целью углубления, систематизации и расширения полученных знаний.
2. ответить на контрольные вопросы для самопроверки.
3. составить отчет с указанием списка использованных источников.

#### Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе:

Подготовка к лабораторной работе начинается с проработки материала по методическим указаниям к проведению лабораторных работ и рекомендуемых источников.

#### Основная литература: [2]

#### Дополнительная литература: [5,6,8,9,11,12,17,18,19]

#### Контрольные вопросы для самопроверки:

1. От каких факторов зависит конструкция корпусов ЦВД и ЦСД?
2. Из каких частей состоит рабочая лопатка и диафрагма турбины?
3. Почему от ступени к ступени высота лопаток увеличивается?
4. Для чего и где в турбине предусматривается фиксатор?
5. Как регулируется давление производственного и теплофикационного отборов пара?
6. Для чего выполняется промежуточный перегрев пара в турбине?

### **Практическое занятие №1 Определение гидравлического сопротивления сети. Расчет напора и давления гидравлических машин, работающих на сеть.**

Цель работы: Закрепление знаний по определению гидравлического сопротивления сети, по расчету напора и давления гидравлических машин, работающих на сеть.

#### Задание:

Вода перекачивается насосом 1 из открытого бака в расположенный ниже резервуара В, где поддерживается постоянное давление  $p_в$  по трубопроводу общей длиной  $l$  и диаметром  $d$ . Разность уровней воды в баках  $h$ . Определить напор, создаваемый насосом для подачи в бак В расхода  $Q$ . Принять суммарный коэффициент местных сопротивлений  $\xi=6,5$ . Эквивалентная шероховатость стенок трубопровода  $k_s=0,15$  мм.

Величины	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$p_v$ , ат	1,7 (абс.)	0,75 (изб.)	1,8 (абс.)	1,8 (абс.)	0,8 (изб.)	0,2 (вак.)	0,2 (изб.)	0,25 (вак.)	0,3 (вак.)	0,9 (абс.)
$l$ , м	90	112	225	180	135	113	90	225	180	135
$d$ , мм	100	125	250	200	150	125	100	250	200	150
$h$ , м	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	1,0	5,0	0,5	0	2,0
$Q$ , л/с	15	25	98	63	36	24	14	100	62	35

Порядок выполнения: по формулам, приведенным в лекционном материале (тема 1.1), определить потери давления в гидравлической сети, определить необходимый напор и давление насоса.

Форма отчетности:

Отчет оформляется в рукописную в тетради и должен содержать название раздела, номер задачи, условие задачи, формулу(ы) для расчетов, решение, ответ.

Задания для самостоятельной работы:

Изучить теоретический материал по теме 1.1 раздела 1.

Основная литература: [1]

Дополнительная литература: [3,4,7,13,16]

**Практическое занятие №2 Построение характеристики сети и нагнетателя. Определение рабочих параметров действующих нагнетателей. Нахождение рабочей точки.**

Практическое занятие проходит в интерактивной форме – промежуточный контроль (2 часа).

Цель работы: Закрепление знаний по построению характеристик сети и нагнетателя и нахождению рабочей точки.

Задание:

Определить производительность и напор насоса (рабочую точку) при подаче воды в открытый резервуар из колодца на геодезическую высоту  $H_g$  по трубопроводу диаметром  $d$ , длиной  $l$ , с коэффициентом гидравлического трения  $\lambda=0,03$  и эквивалентной длиной местных сопротивлений  $l_{экв}=8$  м. Как изменяется подача и напор насоса, если частота вращения рабочего колеса уменьшится на 10%?

Данные, необходимые для построения характеристики Q-H центробежного насоса:

Q	0	0,2 Q	0,4 Q	0,6 Q	0,8 Q	1,0 Q
H	1,0 H	1,05 H	1,0 H	0,8 H	0,65 H	0,35 H

Величины	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$H_g$ , м	30	45	6	30	30	60	60	6	15	15
$d$ , мм	200	100	250	100	50	80	100	200	70	300
$l$ , м	6	25	40	15	60	7	36	8	12	280
$Q_0$ , м <sup>3</sup> /с	0,7	0,1	0,3	0,1	0,01	0,1	0,1	0,3	0,03	0,3
$H_0$ , м	100	150	20	100	100	200	200	20	50	50

Порядок выполнения: по формулам, приведенным в лекционном материале (тема 1.2), определить характеристику сети, построить в координатах H-Q характеристику насоса и гидравлической сети, найти местоположение рабочей точки, определить рабочие параметры насоса

Форма отчетности:

Отчет оформляется в рукописную в тетради и должен содержать название раздела, номер задачи, условие задачи, формулу(ы) для расчетов, решение, ответ.

Задания для самостоятельной работы:

Изучить теоретический материал по теме 1.2 раздела 1.

Основная литература: [1]

Дополнительная литература: [3,4,7,13,16]

**Практическое занятие №3 Пересчет характеристик центробежных нагнетателей при изменении частоты вращения, используя формулы пропорциональности. Определение допустимой высоты всасывания.**

Цель работы: Закрепление знаний по пересчету характеристик нагнетателя, используя формулы пропорциональности и по определению допустимой высоты всасывания.

Задание:

1. Два одинаковых насоса работают параллельно и подают воду в открытый резервуар из колодца на геодезическую высоту  $H_g$  по трубопроводу диаметром  $d$ , длиной  $l$ , с коэффициентом гидравлического трения  $\lambda=0,03$  и суммарным коэффициентом местных сопротивлений  $\xi_c=30$ . Определить рабочую точку (подачу и напор) при совместной работе насоса на сеть. Как изменятся суммарная подача и напор, если частота вращения рабочего колеса одного из насосов увеличится на 10 %.

Данные, необходимые для построения характеристики Q-H центробежного насоса:

Q	0	0,2 Q	0,4 Q	0,6 Q	0,8 Q	1,0 Q
H	1,0 H	1,05 H	1,0 H	0,8 H	0,65 H	0,35 H

Величины	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$H_g$ , м	24	30	45	40	60	30	25	40	50	60
$d$ , мм	310	185	180	180	200	170	130	170	190	250
$l$ , м	320	190	185	190	210	175	125	175	200	260
$Q_0$ , м <sup>3</sup> /с	0,05	0,06	0,07	0,065	0,1	0,05	0,025	0,06	0,08	0,15
$H_0$ , м	80	100	150	130	200	100	80	140	160	200

2. Два одинаковых насоса работают последовательно и подают воду в открытый резервуар из колодца на геодезическую высоту  $H_g$ . Определить рабочую точку (подачу и напор) при совместной работе насоса на сеть, если коэффициент местных сопротивлений  $\xi_c=1200$ , а диаметр трубопровода  $d$ . Как изменяются суммарная подача и напор, если частота вращения рабочего колеса одного из насосов увеличится на 12 %.

Данные, необходимые для построения характеристики Q-H центробежного насоса:

Q	0	0,2 Q	0,4 Q	0,6 Q	0,8 Q	1,0 Q
H	1,0 H	1,05 H	1,0 H	0,8 H	0,65 H	0,35 H

Величины	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$H_g$ , м	60	24	30	45	40	60	30	25	40	50
$d$ , мм	260	320	195	190	190	210	180	135	180	200
$Q_0$ , м <sup>3</sup> /с	0,15	0,05	0,06	0,07	0,065	0,10	0,05	0,025	0,06	0,08
$H_0$ , м	200	80	100	150	130	200	100	80	140	160

3. Центробежный насос производительностью  $Q$  работает при частоте вращения  $n$ . Определить допустимую высоту всасывания, если диаметр всасывающей трубы  $d$ , а ее длина  $l$ . Коэффициент кавитации в формуле Руднева принять равным  $C$ . Температура воды  $t=20^\circ\text{C}$ .

Коэффициент сопротивления колена  $\xi_k=0,2$ . Коэффициент сопротивления входа в трубу  $\xi_{вх}=1,8$ . Эквивалентная шероховатость стенок трубы  $kэ=0,15$  мм.

Величины	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Q, л/с	15	25	35	62	30	22	14	100	53	32
d, мм	100	125	150	200	150	125	100	250	200	150
l, м	2,5	2,8	3,5	5	3,6	3	2,5	5,8	4,8	3,2
n, об/мин	2860	2850	2740	1470	2500	2890	1475	1450	1500	2000
C	1000	1100	1200	800	1000	900	1200	800	900	1000

Форма отчетности:

Отчет оформляется в рукописную в тетради и должен содержать название раздела, номер задачи, условие задачи, формулу(ы) для расчетов, решение, ответ.

Задания для самостоятельной работы:

Изучить теоретический материал по теме 1.2 раздела 1.

Основная литература: [1]

Дополнительная литература: [3,4,7,13,16]

**Практическое занятие №4 Рабочий процесс в турбинной ступени. Определение скоростей в решетках ступени, работы и мощности ступени.**

Практическое занятие проходит в интерактивной форме – промежуточный контроль (3 часа).

Цель работы: Закрепление знаний по построению рабочего процесса в турбинной ступени, определению скоростей в решетках ступени, работы и мощности ступени.

Задание:

1. В реактивной ступени пар с начальным давлением  $p_0 = 1,9$  МПа и температурой  $t_0 = 380^\circ\text{C}$  расширяется до  $p_2 = 1,3$  МПа. Определить степень реактивности ступени, если располагаемый теплоперепад на рабочих лопатках  $\text{Нор} = 48$  кДж/кг.
2. Определить степень реактивности ступени, если располагаемый теплоперепад в ступени  $\text{Нo} = 120$  кДж, скоростной коэффициент сопла  $\varphi = 0,96$  и действительная скорость истечения пара из сопла  $c_1 = 335$  м/с.
3. В активной ступени пар с начальным давлением  $p_0 = 2,8$  МПа и температурой  $t_0 = 400^\circ\text{C}$  расширяется до  $p_1 = 1,7$  МПа. Определить действительную скорость истечения пара из сопла, если скоростной коэффициент сопла  $\varphi = 0,97$ .
4. В активной ступени пар с начальным давлением  $p_0 = 1,2$  МПа и температурой  $t_0 = 300^\circ\text{C}$  расширяется до  $p_1 = 0,7$  МПа. Определить действительную скорость истечения пара из сопла, если скоростной коэффициент сопла  $\varphi = 0,96$  и начальная скорость пара перед соплом  $c_0 = 150$  м/с.
5. В реактивной ступени пар с начальным давлением  $p_0 = 1,6$  МПа и температурой  $t_0 = 450^\circ\text{C}$  расширяется до  $p_2 = 1$  МПа. Определить действительную скорость истечения пара из сопла, если скоростной коэффициент сопла  $\varphi = 0,95$  и степень реактивности ступени  $\rho = 0,5$ .
6. В активной ступени пар с начальным давлением  $p_0 = 2,4$  МПа и температурой  $t_0 = 400^\circ\text{C}$  расширяется до  $p_1 = 1,7$  МПа. Определить окружную скорость на середине лопатки, если скоростной коэффициент сопла  $\varphi = 0,965$  и отношение окружной скорости на середине лопатки к действительной скорости истечения пара из сопла  $u/c_1 = 0,445$ .
7. В активной ступени пар с начальным давлением  $p_0 = 2,8$  МПа и температурой  $t_0 = 380^\circ\text{C}$  расширяется до  $p_1 = 1,6$  МПа. Определить действительную скорость истечения пара из сопла и окружную скорость на середине лопатки, если скоростной коэффициент сопла  $\varphi = 0,96$ , средний диаметр ступени  $d = 1$  м и частота вращения вала турбины  $n = 50$  об/с.
8. В реактивной ступени пар с начальным давлением  $p_0 = 3$  МПа и температурой  $t_0 = 390^\circ\text{C}$  расширяется до  $p_2 = 1,7$  МПа. Определить действительную скорость истечения пара из сопла и окружную скорость на середине лопатки, если скоростной коэффициент сопла  $\varphi = 0,965$ ,

степень реактивности ступени  $\rho = 0,5$  и отношение окружной скорости на середине лопатки к действительной скорости истечения пара из сопла  $u/c_1 = 0,45$ .

9. В активной ступени пар с начальным давлением  $p_0 = 3,5$  МПа и температурой  $t_0 = 410^\circ\text{C}$  расширяется до  $p_1 = 2,2$  МПа. Определить потери тепловой энергии в соплах и на лопатках, если скоростной коэффициент сопла  $\varphi = 0,95$ , скоростной коэффициент лопаток  $\psi = 0,87$ , угол наклона сопла к плоскости диска  $\alpha_1 = 15^\circ$ , отношение окружной скорости на середине лопатки к действительной скорости истечения пара из сопла  $u/c_1 = 0,43$ .

10. Определить относительный внутренний КПД реактивной ступени со степенью реактивности  $\rho = 0,5$ , если скоростной коэффициент сопла  $\varphi = 0,95$ , отношение окружной скорости на середине лопатки к действительной скорости истечения пара из сопла  $u/c_1 = 0,43$ , относительные потери тепловой энергии на трение и вентиляцию  $\xi_{\text{тв}} = 0,03$  и относительные потери тепловой энергии от утечек  $\xi_{\text{ут}} = 0,025$ .

11. Определить относительный внутренний КПД реактивной ступени со степенью реактивности  $\rho = 0,45$ , если располагаемый теплоперепад в ступени  $h_0 = 100$  кДж/кг, скоростной коэффициент сопла  $\varphi = 0,94$ , скоростной коэффициент лопаток  $\psi = 0,88$ , угол наклона сопла к плоскости диска  $\alpha_1 = 18^\circ$ , средний диаметр ступени  $d = 0,95$  м, частота вращения вала турбины  $n = 3600$  об/мин, угол выхода пара из рабочей лопатки  $\beta_2 = 20^\circ 20'$ , расход пара  $M = 22$  кг/с и расход пара на утечки  $M_{\text{ут}} = 0,4$  кг/с.

Порядок выполнения: по формулам, приведенным в лекционном материале (тема 2.2), построить рабочий процесс в турбинной ступени, определить скорости в решетках ступени, работу и мощность ступени.

Форма отчетности:

Отчет оформляется в рукописную в тетради и должен содержать название раздела, номер задачи, условие задачи, формулу(ы) для расчетов, решение, ответ.

Задания для самостоятельной работы:

Изучить теоретический материал по теме 2.2 раздела 2.

Основная литература: [2]

Дополнительная литература: [6,8,9,12,14,15,17,18,19]

### **Практическое занятие №5 Определение параметров турбины для комбинированной выработки тепловой и электрической энергии.**

Цель работы: Закрепление знаний по построению рабочего процесса в турбинной ступени, определению скоростей в решетках ступени, работы и мощности ступени.

Задание:

1. Определить относительный внутренний и эффективный КПД турбины, если параметры пара перед турбиной  $p_0 = 3,4$  МПа,  $t_0 = 440^\circ\text{C}$ , за турбиной  $p_2 = 0,4$  МПа,  $t_2 = 220^\circ\text{C}$  и механический КПД турбины  $\eta_m = 0,98$ .

2. Определить относительный электрический КПД турбогенератора, если параметры пара перед турбиной  $p_0 = 4$  МПа,  $t_0 = 390^\circ\text{C}$ , за турбиной  $p_2 = 1$  МПа,  $t_2 = 240^\circ\text{C}$ , механический КПД турбины  $\eta_m = 0,97$  и КПД электрического генератора  $\eta_{\text{эг}} = 0,95$ .

3. При испытании турбины были измерены параметры пара перед турбиной  $p_0 = 3,5$  МПа,  $t_0 = 410^\circ\text{C}$  и за турбиной  $p_2 = 1,2$  МПа,  $t_2 = 290^\circ\text{C}$ . Определить коэффициент возврата теплоты, если турбина имеет семь ступеней с одинаковыми относительными внутренними КПД  $\eta_{\text{ист}} = 0,73$ .

4. Для турбины с начальными параметрами пара  $p_0 = 9$  МПа,  $t_0 = 500^\circ\text{C}$  и противодействием  $p_2 = 1,5$  МПа. Определить коэффициент возврата теплоты, если использованный теплоперепад регулирующей ступени  $h_{\text{р1}} = 102$  кДж/кг и относительный внутренний КПД регулирующей

шей ступени  $\eta_{\text{ост}}=0,68$ . турбина имеет шесть нерегулируемых ступеней с одинаковыми полагаемыми теплоперепадами  $h_0=62$  кДж/кг.

5. Конденсационная турбина работает с начальными параметрами пара  $p_0=9$  МПа,  $t_0=500^\circ\text{C}$  и давлением пара в конденсаторе  $p_k=4$  кПа. Определить характеристический коэффициент турбины, если коэффициент возврата теплоты  $\alpha=0,05$  и средняя окружная скорость на середине лопатки  $u_{\text{ср}}=220$  м/с. Турбина имеет десять ступеней.

6. Турбина работает с начальными параметрами пара  $p_0=4$  МПа,  $t_0=440^\circ\text{C}$  и давлением пара в конденсаторе  $p_k=4$  кПа. Определить эффективную мощность турбины, если расход пара  $G=5,2$  кг/с и относительный эффективный КПД турбины  $\eta_{\text{ое}}=0,71$ .

7. Турбина работает с начальными параметрами пара  $p_0=8$  МПа,  $t_0=480^\circ\text{C}$  и давлением пара в конденсаторе  $p_k=3,5$  кПа. Определить внутреннюю (индикаторную) мощность турбины и мощность механических потерь, если расход пара  $G=5,4$  кг/с, относительный эффективный КПД турбины  $\eta_{\text{ое}}=0,73$  и механический КПД турбины  $\eta_{\text{м}}=0,97$ .

8. Турбина работает с начальными параметрами пара  $p_0=3,5$  МПа,  $t_0=435^\circ\text{C}$  и давлением пара в конденсаторе  $p_k=4$  кПа. Определить эффективную мощность турбины и удельный эффективный расход пара, если расход пара  $G=5$  кг/с и относительный эффективный КПД турбины  $\eta_{\text{ое}}=0,72$ .

9. Турбина с начальными параметрами пара  $p_0=1,6$  МПа,  $t_0=350^\circ\text{C}$  и давлением пара в конденсаторе  $p_k=5$  кПа переведена на работу при давлении пара в конденсаторе  $p'_k=9$  кПа. На сколько уменьшится эффективная мощность турбины, если при одном и том же расходе пара  $G=5,5$  кг/с относительный эффективный КПД уменьшится с  $\eta_{\text{ое}}=0,66$  до  $\eta'_{\text{ое}}=0,61$ .

10. Турбина, работающая с начальными параметрами пара  $p_0=2,6$  МПа,  $t_0=360^\circ\text{C}$  при давлении пара в конденсаторе  $p_k=4,5$  кПа, имеет относительный эффективный КПД  $\eta_{\text{ое}}=0,68$ . На сколько увеличится удельный эффективный расход пара, если давление пара в конденсаторе повысится до  $p'_k=8$  кПа, а относительный эффективный КПД понизится до  $\eta'_{\text{ое}}=0,63$ .

11. Конденсационная турбина эффективной мощностью  $N_e=12$  МВт работает при начальных параметрах пара  $p_0=2,8$  МПа,  $t_0=400^\circ\text{C}$  и давлении пара в конденсаторе  $p_k=4,5$  кПа. Определить удельный эффективный расход пара и относительный эффективный КПД турбины, если расход пара  $G=15$  кг/с.

12. Конденсационная турбина работает при начальных параметрах пара  $p_0=3,5$  МПа,  $t_0=435^\circ\text{C}$  и давлении пара в конденсаторе  $p_k=4$  кПа. Определить секундный и удельный эффективный расходы пара на турбину, если электрическая мощность турбогенератора  $N_{\text{э}}=24$  МВт, относительный эффективный КПД турбины  $\eta_{\text{ое}}=0,76$  и КПД электрического генератора  $\eta_{\text{эг}}=0,96$ .

13. Турбина с регулируемым производственным отбором пара, работающая при начальных параметрах пара  $p_0=3,5$  МПа,  $t_0=435^\circ\text{C}$  и давлении пара в конденсаторе  $p_k=4$  кПа, обеспечивает отбор пара  $G_{\text{п}}=5$  кг/с при давлении  $p_{\text{п}}=0,2$  МПа. Определить расход пара на турбину, если электрическая мощность турбогенератора  $N_{\text{э}}=4$  МВт, относительный внутренний КПД части высокого давления (до отбора)  $\eta_{\text{иЧВД}}=0,74$ , относительный внутренний КПД части низкого давления (после отбора)  $\eta_{\text{иЧНД}}=0,76$ , механический КПД турбины  $\eta_{\text{м}}=0,98$  и КПД электрического генератора  $\eta_{\text{эг}}=0,96$ .

14. Турбина с регулируемым производственным отбором пара, работающая при начальных параметрах пара  $p_0=3,5$  МПа,  $t_0=435^\circ\text{C}$  и давлении пара в конденсаторе  $p_k=5$  кПа, обеспечивает отбор пара  $G_{\text{п}}=11,1$  кг/с при давлении  $p_{\text{п}}=0,5$  МПа. Определить удельный эффективный расход пара, если электрическая мощность турбогенератора  $N_{\text{э}}=6$  МВт, относительный внутренний КПД части высокого давления (до отбора)  $\eta_{\text{иЧВД}}=0,78$ , относительный внутренний КПД части низкого давления (после отбора)  $\eta_{\text{иЧНД}}=0,65$ , механический КПД турбины  $\eta_{\text{м}}=0,98$  и КПД электрического генератора  $\eta_{\text{эг}}=0,95$ .

15. Турбина с производственным отбором пара, работающая при начальных параметрах пара  $p_0=3,5$  МПа,  $t_0=350^\circ\text{C}$  и давлении пара в конденсаторе  $p_k=4$  кПа, обеспечивает отбор пара  $G_{\text{п}}=4$  кг/с при давлении  $p_{\text{п}}=0,4$  МПа. Определить электрическую мощность турбогенератора, если расход пара на турбину  $G=8$  кг/с, относительный внутренний КПД части высокого давления (до отбора)  $\eta_{\text{иЧВД}}=0,75$ , относительный внутренний КПД части низкого давления (после отбора)  $\eta_{\text{иЧНД}}=0,77$ , механический КПД турбины  $\eta_{\text{м}}=0,97$  и КПД электрического генератора  $\eta_{\text{эг}}=0,97$ .

16. Турбина с производственным отбором пара, работающая при начальных параметрах пара  $p_0=3,5$  МПа,  $t_0=350^\circ\text{C}$  и давлении пара в конденсаторе  $p_k=5$  кПа, обеспечивает отбор пара  $G_p=5$  кг/с при давлении  $p_p=0,4$  МПа. Определить эффективную мощность турбины, если расход пара на турбину  $G=10$  кг/с, относительный внутренний КПД части высокого давления (до отбора)  $\eta_{i\text{ЧВД}}=0,75$ , относительный внутренний КПД части низкого давления (после отбора)  $\eta_{i\text{ЧНД}}=0,78$  и механический КПД турбины  $\eta_m=0,98$ .

17. Конденсационная турбина работает при начальных параметрах пара  $p_0=3$  МПа,  $t_0=380^\circ\text{C}$  и давлении пара в конденсаторе  $p_k=4$  кПа, имеет один промежуточный отбор пара при давлении  $p_p=0,4$  МПа. Определить секундный и удельный эффективный расходы пара на турбину, если электрическая мощность турбогенератора  $N_{э}=2,5$  МВт, относительный внутренний КПД части высокого давления (до отбора)  $\eta_{i\text{ЧВД}}=0,74$ , относительный внутренний КПД части низкого давления (после отбора)  $\eta_{i\text{ЧНД}}=0,76$ , механический КПД турбины  $\eta_m=0,97$ , КПД электрического генератора  $\eta_{эг}=0,97$  и доля расхода пара, отбираемого из промежуточного отбора на производство  $\alpha_p=G_p/G=0,5$ .

18. Конденсационная турбина работает при начальных параметрах пара  $p_0=3$  МПа,  $t_0=380^\circ\text{C}$  и давлении пара в конденсаторе  $p_k=3$  кПа, имеет один промежуточный отбор пара при давлении  $p_p=0,5$  МПа. Определить эффективную мощность турбины, если расход пара  $G=4,65$  кг/с, относительный внутренний КПД части высокого давления (до отбора)  $\eta_{i\text{ЧВД}}=0,73$ , относительный внутренний КПД части низкого давления (после отбора)  $\eta_{i\text{ЧНД}}=0,75$ , механический КПД турбины  $\eta_m=0,96$ , КПД электрического генератора  $\eta_{эг}=0,97$  и доля расхода пара, отбираемого из промежуточного отбора на производство  $\alpha_p=G_p/G=0,5$ .

19. Турбина высокого давления с теплофикационным отбором при давлении  $p_p=0,14$  МПа работает при начальных параметрах пара  $p_0=8$  МПа,  $t_0=500^\circ\text{C}$  и имеет на одном из режимов работы относительный внутренний КПД части высокого давления  $\eta_{i\text{ЧВД}}=0,8$ . При изменении пропуска пара через турбину при постоянном давлении отбора относительный внутренний КПД части высокого давления уменьшился до  $\eta_{i\text{ЧВД}}=0,74$ . На сколько изменился располагаемый тепलोперепад части низкого давления, если давление пара в конденсаторе осталось постоянным и равным  $p_k=6$  кПа.

Порядок выполнения: по формулам, приведенным в лекционном материале (тема 2.2), определить параметры турбины для комбинированной выработки тепловой и электрической энергии.

Форма отчетности:

Отчет оформляется в рукописную в тетради и должен содержать название раздела, номер задачи, условие задачи, формулу(ы) для расчетов, решение, ответ.

Задания для самостоятельной работы:

Изучить теоретический материал по теме 2.2 раздела 2.

Основная литература: [2]

Дополнительная литература: [6,8,9,12,14,15,17,18,19]

## 9.2. Методические указания по выполнению контрольной работы

В процессе изучения курса студент выполняет контрольную работу.

Целью выполнения контрольной работы является закрепление знаний, полученных после изучения программы дисциплины и приобретения практических навыков расчета нагнетателей и тепловых двигателей.

В контрольную работу входит 4 контрольные задачи и 8 контрольных вопросов (только для заочной формы обучения) для каждого варианта.

Номер варианта контрольной работы состоит из двух цифр. Первая цифра номера варианта выбирается по первой букве фамилии обучающегося из таблицы 3.1. Вторая цифра соответствует последней цифре номера зачетной книжки.



Таблица 3.1

Первая буква фамилии	А	Г	Ё	И	М	П	Т	Х	Ш	Ю
	Б	Д	Ж	К	Н	Р	У	Ц	Щ	Я
	В	Е	З	Л	О	С	Ф	Ч	Э	Я
Первая цифра варианта	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

При выполнении контрольных работ необходимо выполнять следующие требования:

1. исходные данные к контрольным заданиям следует выбирать в соответствии со своим вариантом;
2. полностью приводить условия задач и контрольных вопросов, на каждой странице предусмотреть поля для замечаний рецензента;
3. решение задач должно сопровождаться кратким пояснительным текстом;
4. все вычисления должны быть выполнены в СИ;
5. ответы на контрольные вопросы необходимо иллюстрировать соответствующими схемами, графиками.

### Контрольные задачи:

**Задача №1.** Центробежный насос забирает воду с температурой  $t$ , °С, из колодца с уровнем воды на 1,5 м ниже уровня насоса и подает ее в количестве  $G$ , кг/с, в сосуд с отметкой уровня воды в нем 6,5 м. В сосуде поддерживается постоянное избыточное давление  $P_{изб}$ , МПа. После насоса на нагнетательном трубопроводе установлены 2 вентиля. Определить напор насоса и выбрать его тип, если диаметры и длины всасывающего и напорного трубопроводов соответственно равны:  $d_1$ , мм,  $l_1$ , м,  $d_2$ , мм,  $l_2$ , м, коэффициент полезного действия  $\eta_{уст}$ . Принять коэффициент сопротивления: трения  $\lambda = 0,029$ , всасывающей коробки  $\xi_{вк} = 4$ , вентиля  $\xi_v = 5$ .

Исходные данные для задачи №1 принять из табл. 3.2

Схема насосной установки представлена на рис.3.1.

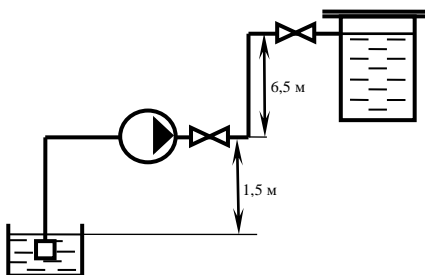


Рис. 3.1. Схема насосной установки

Таблица 3.2

### Исходные данные для задачи №1

Параметры	Последняя цифра варианта									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Расход воды, $G$ , кг/с	5	10	11	9	8	4,4	12	13	14	15
Температура воды, $t$ , °С	4	4,5	4,0	5,0	4,0	4,5	5,5	4,0	5,0	4,5
Избыточное давление в сосуде, $P_{изб}$ , МПа	1,1	0,9	0,8	0,7	1,6	1,7	1,8	1,9	1,0	1,2

Длина всасывающего трубопровода, $l_1$ , м	5,0	7,0	9,0	6,0	8,0	5,5	6,5	7,5	8,5	9,5
Диаметр всасывающего трубопровода, $d_1$ , мм	80	125	150	100	125	80	125	125	150	150
Длина напорного трубопровода, $l_2$ , м	15	17	19	21	23	16	18	20	22	24
Диаметр напорного трубопровода, $d_2$ , мм	70	100	125	80	100	70	100	100	125	125
КПД насосной установки, $\eta_{уст}$	0,6	0,65	0,67	0,7	0,6	0,65	0,67	0,7	0,68	0,66

**Задача № 2.** Турбина с производственным отбором пара, работающая при начальных параметрах пара,  $P_0$ ,  $t_0$  и давления пара в конденсаторе  $P_k$  обеспечивает отбор пара  $G_n = 15$  кг/с при давлении  $P_n$ . Электрическая мощность турбогенератора  $N_{э}$ .

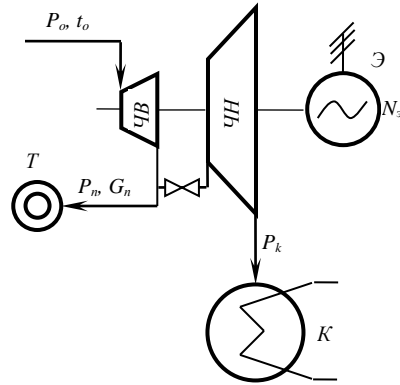
Определить секундный и удельный электрический расход пара на турбину, если относительный внутренний КПД части высокого давления (до отбора)  $\eta_{oi}^{ЧВД} = 0,75$ ; относительный внутренний КПД части низкого давления (после отбора)  $\eta_{oi}^{ЧНД} = 0,77$ ; механический КПД  $\eta_m = 0,97$  и КПД электрического генератора  $\eta_{э} = 0,97$ .

Схема турбинной установки приведена на рис.3.2.

Таблица 3.3

Исходные данные для задачи №2

Параметры	Предпоследняя цифра варианта									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Начальное абсолютное давление пара перед турбиной, $P_0$ , МПа	3,4	3,4	8,8	12,8	12,8	3,4	12,8	23,5	12,8	5,87
Температура пара перед турбиной, $t_0$ , °С	435	435	535	555	555	435	565	540	555	274
Абсолютное давление отбираемого пара, $P_n$ , МПа	0,5	1,0	1,0	1,3	1,5	1	7	0,3	0,4	0,3
Давление пара в конденсаторе, $P_k$ , кПа	3	3,5	3,4	4	3	3,5	3,4	4	3	4
Электрическая мощность турбогенератора, $N_{э}$ , МВт	6	12	25	80	135	6	50	250	110	450



ТП – тепловой потребитель; ЧВД – часть высокого давления турбины; ЧНД – часть низкого давления турбины; ЭГ - электрогенератор; К - конденсатор

Рис.3.2. Схема турбинной установки

**Задача № 3.** Насос имеет следующую паспортную характеристику (таблица 3.4)

Таблица 3.4

Характеристика насоса

Расход воды, м <sup>3</sup> /ч	12	18	24	30
Напор, м	38	36	32	26

Сколько конденсата будет подавать этот насос, если надо подавать конденсат из конденсатора, где абсолютное давление 4 кПа, в деаэрактор, где абсолютное давление 120 кПа. Длина трубопровода  $l$ , диаметр  $d$ , эквивалентная длина местных сопротивлений  $l_2$ . Деаэрактор установлен выше конденсатора на  $h$ , м. Коэффициент трения принять  $\lambda = 0,03$ . Определить рабочую точку.

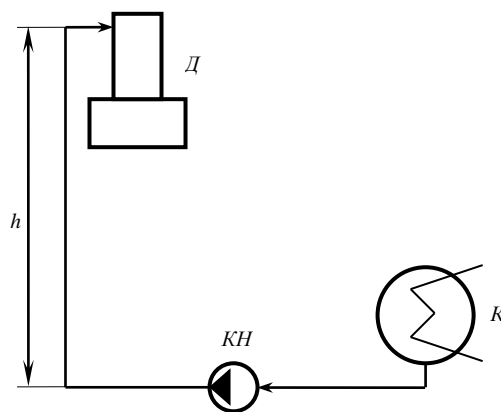
Исходные данные принять из табл. 3.5.

Таблица 3.5

Исходные данные для задачи №3

Параметры	Последняя цифра варианта									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Длина трубопровода, $l$ , м	50	100	60	70	80	90	50	60	70	80
Диаметр трубопровода, $d$ , м	0,07	0,08	0,10	0,07	0,08	0,1	0,09	0,08	0,1	0,07
Эквивалентная длина местных сопротивлений, $l_2$ , м	30	40	50	30	40	50	50	40	30	20
Высота подъема, $h$ , м	8	7	9	10	7	8	9	10	9	8

Схема установки представлена на рис.3.3.



Д – деаэратор; КН – конденсатный насос; К - конденсатор

Рис.3.3. Схема установки

**Задача №4.** Определить кратность охлаждения для конденсатора паровой турбины, если пар поступает в конденсатор при давлении  $P_k$  со степенью сухости  $x$ . Температура охлаждающей воды на входе в конденсатор  $t'_g$ , а температура выходящей на  $5^\circ\text{C}$  ниже температуры насыщенного пара в конденсаторе.

Исходные данные принять из табл. 3.6.

Таблица 3.6

Исходные данные для задачи №4

Параметры	Предпоследняя цифра варианта									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Давление пара в конденсаторе, $P_k$ , кПа	3	3,5	3,4	4	3	3,5	3,4	4	3	4
Степень сухости, $x$	0,9	0,8	0,95	0,85	0,7	0,85	0,95	0,8	0,9	0,7
Температура охлаждающей воды на входе в конденсатор, $t'_g$ , $^\circ\text{C}$	10	11	12	13	10,5	11,5	12,5	13,5	14	10

Схема установки представлена на рис.3.4.

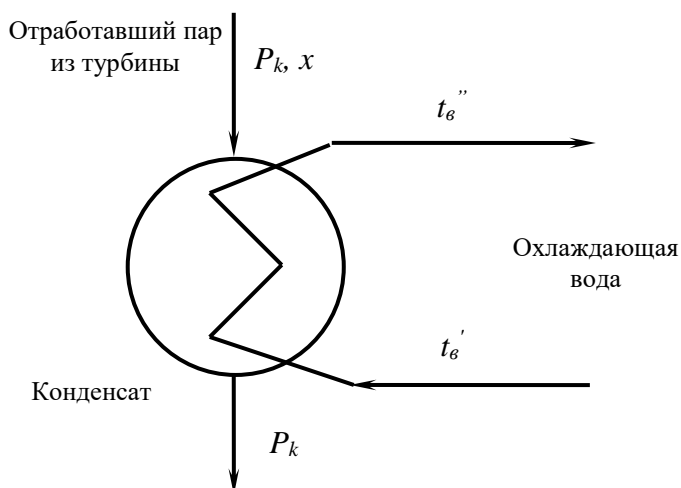


Рис.3.4. Схема конденсационной установки

### Контрольные вопросы:

Номера контрольных вопросов выбираются из таблицы 3.7 по последней цифре варианта. Формулировки вопросов приведены в [10].

Таблица 3.7

Последняя цифра варианта	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Вопросы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80

Дополнительная литература: [10]

### 10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

1. Microsoft Imagine Premium
2. ОС Windows 7 Professional
3. Microsoft Office 2007 Russian Academic OPEN No Level
4. Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Security.
5. ИСС "Кодекс". Информационно-справочная система
6. Справочно-правовая система «Консультант Плюс»
7. Архиватор 7-Zip
8. Adobe Reader
9. doPDF
10. Ай-Логос Система дистанционного обучения
11. КОМПАС-3D V13

### 11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Вид занятия	Наименование аудитории	Перечень основного оборудования	№ ЛР или Лк
1	2	3	4
Лк	лекционная аудитория	-	
ЛР	Лаборатория гидрогазодинамики	Действующая насосная установка; Действующая газотурбинная установка.	ЛР 1-2 ЛР 4
	Лаборатория вентиляции и кондиционирования	Учебный стенд НССВ-019-6ЛР-01-Р «Насосные станции систем водоснабжения ЖКХ»	ЛР 3
ПЗ	лекционная аудитория	-	ПЗ 1-5
кр	ЧЗЗ	Оборудование 15 ПК- CPU 5000/RAM 2Gb/HDD (Монитор TFT 19 LG 1953S-SF);принтер HP LaserJet P3005	-
СР	ЧЗЗ	Оборудование 15 ПК- CPU 5000/RAM 2Gb/HDD (Монитор TFT 19 LG 1953S-SF);принтер HP LaserJet P3005	-

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ  
ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**1. Описание фонда оценочных средств (паспорт)**

№ компетенции	Элемент компетенции	Раздел	Тема	ФОС
1	2	3	4	6
ПК-4	Способность к проведению экспериментов по заданной методике, обработке и анализу полученных результатов с привлечением соответствующего математического аппарата	1. Нагнетатели	1.1. Общие сведения о нагнетателях	Экзаменационный вопрос 1-3
			1.2. Насосы и вентиляторы	Экзаменационный вопрос 4-11,13-22
			1.3. Компрессоры	Экзаменационный вопрос 12, 23-25
		2. Тепловые двигатели	2.1. Общие сведения о тепловых двигателях	Экзаменационный вопрос 26-27
			2.2. Паровые и газовые турбины	Экзаменационный вопрос 28-33
			2.3. Двигатели внутреннего сгорания	Экзаменационный вопрос 34

**2. Экзаменационные вопросы**

№ п/п	Компетенции		ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ	№ и наименование раздела
	Код	Определение		
1	2	3	4	5
1.	ПК-4	Способность к проведению экспериментов по заданной методике, обработке и анализу полученных результатов с привлечением соответствующего математического аппарата	<p>1. Общие сведения о нагнетателях. Виды и классификация нагнетателей. Область применения.</p> <p>2. Основные параметры, характеризующие работу нагнетателя (подача, давление, напор, мощность, КПД, высота всасывания).</p> <p>3. Подобие центробежных машин. Формулы пропорциональности. Коэффициент быстроходности.</p> <p>4. Центробежные насосы и вентиляторы. Схема и принцип действия.</p> <p>5. Основы теории центробежных машин. Уравнение Эйлера.</p> <p>6. Типы установки лопастей центробежных нагнетателей и их влияние на напор нагнетателя.</p> <p>7. Теоретические и действительные характеристики центробежных машин.</p> <p>8. Осевые и вихревые нагнетатели. Схемы. Принцип действия. Способы регулирования.</p> <p>9. Поршневые нагнетатели. Схема и принцип действия.</p> <p>10. Роторные насосы: особенности работы, конструкции (винтовые, зубчатые, пластинчатые)</p> <p>11. Струйные и пневматические нагнетатели. Схемы, принцип действия, классификация и области применения</p> <p>12. Компрессоры. Их классификация. Теория компрессорных машин. Уравнения процессов сжатия и изображение их в координатах T-S и P-V диаграммах. Основные параметры работы компрессора (работа, мощность и КПД)</p>	1. Нагнетатели

		<p><b>13.</b> Гидравлическая сеть. Потери давления в сети. Характеристика сети. Совместная работа нагнетателя и трубопроводной системы. Рабочая точка.</p> <p><b>14.</b> Параллельное и последовательное соединение нагнетателей. Схемы соединения. Область применения. Построение совместной характеристики.</p> <p><b>15.</b> Выбор насосов по заданным рабочим параметрам. Сводные графики полей рабочих параметров.</p> <p><b>16.</b> Кавитация. Мероприятия по предотвращению кавитации. Допустимая высота всасывания. Расположение нагнетателя относительно уровня всасываемой жидкости.</p> <p><b>17.</b> Регулирование подачи центробежных машин. Методы регулирования подачи.</p> <p><b>18.</b> Поля рабочих параметров центробежных нагнетателей при различных способах регулирования. Сводные графики полей рабочих параметров.</p> <p><b>19.</b> Многопоточные и многоступенчатые конструкции центробежных нагнетателей.</p> <p><b>20.</b> Теоретическая и действительная индикаторные диаграммы. Неисправности в работе поршневого насоса.</p> <p><b>21.</b> Подача поршневых насосов одностороннего и двухстороннего действия. Регулирование подачи поршневого насоса. Характеристики поршневого насоса.</p> <p><b>22.</b> Неравномерность подачи поршневого нагнетателя и методы ее устранения.</p> <p><b>23.</b> Особенности работы поршневых компрессоров. Мертвое пространство компрессоров. Подача поршневых компрессорных машин.</p> <p><b>24.</b> Методы регулирования подачи компрессорных машин.</p> <p><b>25.</b> Многоступенчатое сжатие. Предельная степень сжатия. Охлаждение газов.</p> <p><b>26.</b> Паровые турбины. Их классификация и маркировка.</p> <p><b>27.</b> Паротурбинная установка. Идеальный цикл Ренкина. Технико-экономические показатели работы ПТУ.</p> <p><b>28.</b> Процесс истечения пара из сопел в паровой турбине. Первый закон термодинамики для соплового канала.</p> <p><b>29.</b> Мощность и работа турбинной ступени. Относительный лопаточный КПД турбинной ступени и его зависимость от отношения окружной скорости к скорости истечения рабочего тела из сопел.</p> <p><b>30.</b> Газовые турбины. Общие сведения и их классификация. Достоинства и недостатки.</p> <p><b>31.</b> Газотурбинные установки открытого типа. Схемы и принцип действия. Достоинства и недостатки.</p> <p><b>32.</b> Газотурбинные установки закрытого типа. Схема и принцип действия. Достоинства и недостатки.</p> <p><b>33.</b> Парогазовая установка. Схема и принцип действия. Достоинства и недостатки.</p>	
			<b>2.</b> Тепловые двигатели

			<p>34. Двигатели внутреннего сгорания. Циклы ДВС. Схемы и процессы различных типов ДВС.</p> <p>35. Ступень турбины. Преобразование энергии в ступени. Процесс расширения пара в ступени в H-S -диаграмме.</p> <p>36. Степень реактивности ступени. Понятие активных и реактивных ступеней турбины.</p> <p>37. Турбинные решетки. Геометрические характеристики турбинных решеток. Виды сопловых каналов.</p> <p>38. Диаграммы векторов скоростей. Экономичность работы турбинной ступени.</p> <p>39. Внутренние потери в турбине (в клапанах, в сопловой и рабочей решетках, с выходной скоростью, на трение диска, от парциального подвода, на утечки через внутренние зазоры, от влажности, в выхлопном патрубке).</p> <p>40. Внешние потери в турбине (на утечки через концевые зазоры, механические потери). Относительно внутренний КПД ступени.</p> <p>41. Необходимость, преимущества и недостатки многоступенчатой конструкции турбины. Тепловой процесс многоступенчатой турбины в H-S диаграмме. Коэффициент возврата теплоты.</p> <p>42. Задачи и способы регулирования мощности турбин. Системы парораспределения. Схемы. Достоинства и недостатки. Область использования.</p> <p>43. Системы маслоснабжения паровых турбин. Требования к системе смазки турбины.</p> <p>44. Конденсационная установка паровых турбин. Схема. Тепловой расчет конденсатора. Кратность охлаждения</p>	
--	--	--	--	--

### 3. Описание показателей и критериев оценивания компетенций

Показатели	Оценка	Критерии
<p><b>Знать</b> (ПК-4):</p> <p>а. теоретические основы нагнетателей и тепловых двигателей в энергохозяйстве промпредприятий;</p> <p>б. устройство и принцип действия вентиляторов, насосов, компрессоров, паровых и газовых турбин, двигателей</p>	<p><b>отлично</b></p>	<p>Обучающийся глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, не затрудняется с ответом при видоизменении вопроса, владеет специальной терминологией, демонстрирует общую эрудицию в предметной области.</p>



<p>внутреннего сгорания; с. основные характеристики, параметры, методы регулирования, условия надежной работы, эксплуатации и испытания нагнетателей и тепловых двигателей;</p> <p><b>Уметь</b> (ПК-4): d. рассчитывать трубопроводную систему, выбирать тип и количество машин; е. обеспечивать надежную и эффективную работу тепловых двигателей и нагнетателей;</p> <p>f. проводить гидравлические испытания нагнетателей;</p> <p><b>Владеть</b> (ПК-4): g. навыками сбора и анализа исходных данных для проектирования нагнетателей и тепловых двигателей и их элементов в соответствии с нормативной документацией; h. методикой оценки и анализа термодинамических и гидрогазодинамических процессов в турбинах, компрессорах, ДВС; i. методикой выбора и расчета наиболее экономичных, надежных и безопасных режимов работы и регулирования тепловых двигателей и нагнетателей.</p>	<b>хорошо</b>	Обучающийся твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, владеет специальной терминологией на достаточном уровне; могут возникнуть затруднения при ответе на уточняющие вопросы по вопросам экзаменационного билета; в целом демонстрирует общую эрудицию в предметной области.
	<b>удовлетворительно</b>	Обучающийся имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, плохо владеет специальной терминологией, допускает существенные ошибки при ответе, недостаточно ориентируется в источниках специализированных знаний.
	<b>неудовлетворительно</b>	Обучающийся не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, не владеет специальной терминологией, допускает существенные ошибки при ответе, не ориентируется в источниках специализированных знаний. Нет ответа на вопросы экзаменационного билета.

#### 4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности

Дисциплина Б1.В.ДВ.11.01 Нагнетатели и тепловые двигатели направлена на ознакомление обучающихся с основными конструкциями нагнетателей и тепловых двигателей, с теоретическими положениями и основами их эксплуатации, их практическим применением в промышленной теплоэнергетике; на получение теоретических знаний и практических навыков использования нагнетателей и тепловых двигателей для их дальнейшего использования в практической деятельности.

Изучение дисциплины Б1.В.ДВ.11.01 Нагнетатели и тепловые двигатели предусматривает:

- лекции,
- лабораторные работы,
- практические занятия,
- контрольную работу,
- самостоятельную работу,
- экзамен.

В ходе освоения *раздела 1* «Нагнетатели» студенты должны уяснить: определение нагнетатели, область применения, их классификацию и особенности работы, характеристики нагнетателей и методы регулирования подачи, методику выбора и эксплуатацию нагнетательных машин.

В ходе освоения *раздела 2* «Тепловые двигатели» студенты должны уяснить: понятие тепловые двигатели, особенности их работы и классификацию, методы расчета и построение процессов в H-S диаграмме, методы регулирования мощности, конструктивные особенности паровых и газовых турбин, двигателей внутреннего сгорания.

В процессе проведения *лабораторных работ* происходит закрепление знаний, формирование умений и навыков реализации представления: об испытаниях нагнетателей и тепловых двигателей, об определении показателей работы нагнетателей и тепловых двигателей, о конструктивных особенностях тепловых двигателей, о схемах подключения нагнетателей по параллельной и последовательной схемам.

В процессе проведения *практических занятий* происходит закрепление знаний, формирование умений и навыков реализации представления: о методиках выбора и расчета основных параметров нагнетателей и тепловых двигателей, о построении характеристик нагнетателя и гидравлической сети и определении рабочей точки, определении допустимой высоты всасывания насосов, построении процесса расширения пара в паровой турбине в H-S диаграмме, построении треугольника скоростей в турбинной решетке.

*Самостоятельную работу* необходимо начинать с ознакомления с рекомендованной учебной и методической литературой.

При подготовке к *экзамену* рекомендуется особое внимание уделить следующим вопросам: назначение и область использования нагнетателей и тепловых двигателей, расчет основных параметров работы нагнетателей и тепловых двигателей, выбор и эксплуатация нагнетателей и тепловых двигателей.

Работа с *литературой* является важнейшим элементом в получении знаний по дисциплине. Прежде всего, необходимо воспользоваться списком рекомендуемой по данной дисциплине литературой. Дополнительные сведения по изучаемым темам можно найти в периодической печати и Интернете.

Предусмотрено проведение аудиторных занятий (в виде лекций с текущим контролем и практических занятий с промежуточным контролем) в сочетании с внеаудиторной работой.

## **АННОТАЦИЯ рабочей программы дисциплины**

### **Нагнетатели и тепловые двигатели**

#### **1. Цель и задачи дисциплины**

Целью изучения дисциплины является: формирование у обучающихся и приобретение ими знаний в области нагнетателей и тепловых двигателей.

Задачей изучения дисциплины является: подготовка обучающихся к самостоятельной деятельности по выполнению научно-исследовательского вида профессиональной деятельности в условиях реального производства, а также эксплуатации нагнетателей и тепловых двигателей при минимальных затратах энергетических, материальных и трудовых ресурсов, обеспечении охраны окружающей среды и техники безопасности.

#### **2. Структура дисциплины**

2.1 Распределение трудоемкости по отдельным видам учебных занятий, включая самостоятельную работу: Лк – 34 час., ЛР – 34 час., ПЗ - 17 час., СР – 68 час.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 180 часов, 5 зачетных единиц.

2.2 Основные разделы дисциплины:

- 1 – Нагнетатели;
- 2 - Тепловые двигатели.

#### **3. Планируемые результаты обучения (перечень компетенций)**

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:  
ПК-4 - Способность к проведению экспериментов по заданной методике, обработке и анализу полученных результатов с привлечением соответствующего математического аппарата.

#### **4. Вид промежуточной аттестации: экзамен**

**Протокол о дополнениях и изменениях в рабочей программе  
на 20\_\_-20\_\_ учебный год**

1. В рабочую программу по дисциплине вносятся следующие дополнения:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

2. В рабочую программу по дисциплине вносятся следующие изменения:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.,  
(разработчик)

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись)

\_\_\_\_\_  
(Ф.И.О.)

Программа составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 13.13.01 Теплоэнергетика и теплотехника от «01» октября 2015г. № 1081.

**для набора 2014 года:** и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для заочной формы обучения от «03» июля 2018 г. № 413

**для набора 2015 года:** и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для очной формы обучения от «04» декабря 2015 г. №771, заочной формы обучения от «04» декабря 2015 г. №771

**для набора 2016 года:** и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для очной формы обучения от «06» июня 2016 г. №429, заочной формы обучения от «06» июня 2016 г. №429 для заочной формы (ускоренного обучения) от «06» июня 2016 г. № 429

**для набора 2017 года:** и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для очной формы обучения от «06» марта 2017 г. №125, заочной формы обучения от «06» марта 2017 г. №125 для заочной формы (ускоренного обучения) от «04» апреля 2017 г. №203

**для набора 2018 года** и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для очной формы обучения от «12» марта 2018 г. №130 , заочной формы обучения от «12» марта 2018 г. №130

**Программу составил:**

Латушкина С.В., старший преподаватель кафедры ПТЭ \_\_\_\_\_

Рабочая программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры ПТЭ

от «13» декабря 2018 г., протокол № 4

Заведующий кафедрой ПТЭ \_\_\_\_\_ Федяев А.А.

**СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий выпускающей кафедрой ПТЭ \_\_\_\_\_ Федяев А.А.

Директор библиотеки \_\_\_\_\_ Т.Ф. Сотник

Рабочая программа одобрена методической комиссией факультета ЭиА

от «28» декабря 2018 г., протокол № 5

Председатель методической комиссии факультета ЭиА \_\_\_\_\_ А.Д.Ульянов

**СОГЛАСОВАНО:**

Начальник  
учебно-методического управления \_\_\_\_\_ Г.П. Нежевец

Регистрационный № \_\_\_\_\_