

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета энергетики и систем  
управления



/А.В. Бурковский/

22.03.2024 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
«Нагнетатели и тепловые двигатели»**

**Направление подготовки** 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

**Профиль** Промышленная теплоэнергетика

**Квалификация выпускника** бакалавр

**Нормативный период обучения** 4 года / 4 года и 6 м. / 4 года и 11 м.

**Форма обучения** очная / очно-заочная / заочная

**Год начала подготовки** 2024

Автор программы  
Заведующий кафедрой  
Теоретической и  
промышленной  
теплоэнергетики

П.А. Солженикин

В.В. Портнов

Руководитель ОПОП

С.В. Дахин

Воронеж 2024

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

### 1.1. Цели дисциплины

Приобретение бакалаврами знаний по устройству, принципу действия и теории насосов, вентиляторов, компрессоров и тепловых двигателей для правильного их проектирования и эффективной эксплуатации на практике.

### 1.2. Задачи освоения дисциплины

Формирование у бакалавров умения формулировать и решать задачи, возникающие в ходе профессиональной деятельности и требующие углубленных знаний; выбирать необходимые методы исследования; обрабатывать полученные результаты; анализировать и осмысливать их с учётом имеющихся литературных данных; представлять итоги проделанной работы в виде отчётов, рефератов, статей.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Нагнетатели и тепловые двигатели» относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений блока Б1.

## 3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Нагнетатели и тепловые двигатели» направлен на формирование следующих компетенций:

ПК-1 - Способен к обеспечению эффективной эксплуатации и модернизации энергетического и теплотехнологического оборудования

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ПК-1	знать место и роль нагнетателей и тепловых двигателей, классификацию нагнетателей и тепловых двигателей, схемы поршневых компрессоров, принцип работы и область применения нагнетателей кинетического действия, классификацию вентиляторов, классификацию насосов, центробежные и осевые компрессоры, область применения различных типов тепловых двигателей, классификацию паровых турбин, основные показатели работы двигателей
	уметь определять конструктивные размеры нагнетателей по заданным производительности и напору, выполнять расчеты характеристик нагнетателей, расчеты систем водо- и воздухоснабжения, расчеты насосных и компрессорных станций и тепловых двигателей
	владеть навыком обеспечения бесперебойной работы, правильной эксплуатации, ремонта и модернизации энергетического, теплотехнического и

	теплотехнологического оборудования, средств автоматизации и защиты, электрических и тепловых сетей, воздухопроводов и газопроводов; способностью к определению показателей технического уровня проектируемых объектов или технологических схем; способностью к разработке перспективных планов работы производственных подразделений, планированию работы персонала и фондов оплаты труда; готовностью использовать современные достижения науки и передовой технологии в научно-исследовательских работах
--	--

#### 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Нагнетатели и тепловые двигатели» составляет 6 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий  
**очная форма обучения**

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры	
		5	6
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	90	54	36
В том числе:			
Лекции	36	18	18
Практические занятия (ПЗ)	36	18	18
Лабораторные работы (ЛР)	18	18	-
<b>Самостоятельная работа</b>	81	54	27
Часы на контроль	45	-	45
Виды промежуточной аттестации - экзамен, зачет с оценкой	+	+	+
Общая трудоемкость:			
академические часы	216	108	108
зач.ед.	6	3	3

**очно-заочная форма обучения**

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры	
		6	7
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	80	48	32
В том числе:			
Лекции	32	16	16
Практические занятия (ПЗ)	32	16	16
Лабораторные работы (ЛР)	16	16	-
<b>Самостоятельная работа</b>	91	51	40
Часы на контроль	45	9	36
Виды промежуточной аттестации - экзамен, зачет с оценкой	+	+	+

Общая трудоемкость: академические часы зач.ед.	216 6	108 3	108 3
--	----------	----------	----------

### заочная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры	
		6	7
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	16	8	8
В том числе:			
Лекции	8	4	4
Практические занятия (ПЗ)	6	2	4
Лабораторные работы (ЛР)	2	2	-
<b>Самостоятельная работа</b>	187	96	91
<b>Контрольная работа</b>	+	+	+
Часы на контроль	13	4	9
Виды промежуточной аттестации - экзамен, зачет с оценкой	+	+	+
Общая трудоемкость: академические часы зач.ед.	216 6	108 3	108 3

## 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

### 5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

#### очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Введение. Основы теории турбомашин	Место и роль нагнетателей и тепловых двигателей в системах тепло-энергоснабжения промышленных предприятий. Типы коммуникаций в системах промтеплоэнергетики. Общие сведения о турбомашине. Определяющие сведения из аэродинамики, основы кинематики и динамики турбомашин. Основное уравнение турбомшины. Анализ плоской решетки профилей. Вихревые потоки в рабочем колесе турбомшины. Теоретическая производительность турбомшины. Теоретические напорные характеристики турбомашин при постоянной частоте вращения. Влияние внешнего угла наклона лопатки на величину и характер теоретического напора. Анализ составляющих напора и области использования турбомашин с различными значениями угла наклона лопатки. Напорные характеристики турбомашин с учетом составляющих потерь напора и подачи.	7	5	4	12	28

		<p>Действительные напорные и эксплуатационные характеристики турбомашин. Совместная работа турбомашин, ее целесообразность и особенности. Области использования и эффективность.</p>					
2	Компрессоры	<p>Понятие о теоретическом процессе в поршневом компрессоре. Индикаторная диаграмма. Вредное пространство и его влияние на производительность компрессора. Пределы сжатия в одноступенчатом компрессоре. Работа компрессора за цикл при изотермическом, адиабатном и политропном способах сжатия. Графическое сравнение изотермического, адиабатного и политропного сжатия. Действительная индикаторная диаграмма поршневого компрессора. Объем засасываемого воздуха. Влияние сопротивления клапанов, всасывающих и нагнетательных трактов. Определение производительности поршневого компрессора по его размерам. Многоступенчатое сжатие: его необходимость и целесообразность. Индикаторная диаграмма двухступенчатого сжатия, конечная температура, влияние вредного пространства, промежуточное давление. Определение конечной температуры и полной работы в многоступенчатом компрессоре. Основные принципы регулирования поршневых компрессоров. Устройство и принцип действия центробежных компрессоров. Особенности характеристики. Изображение процесса сжатия центробежного компрессора в диаграммах P-V и T-S. Мощность на валу и КПД. Регулирование центробежных компрессоров при обеспечении постоянного давления у потребителя. Зоны неустойчивости и неэкономичной работы. Области использования центробежных компрессоров. Винтовые компрессоры. Конструкция, режимы работы. Индикаторные диаграммы. Достоинства, недостатки, области применения. Ротационные компрессоры, общая характеристика, принципы действия, области применения. Конструкция осевых компрессоров. Характеристики, обеспечение устойчивой работы, избежание «помпажа». Области использования осевых компрессоров</p>	7	5	4	14	30

3	Насосы. Вентиляторы	<p>Общие сведения. Классификация насосов. Лопастные насосы. Максимальная высота всасывания и кавитация. Осевое усилие. Способы уравнивания осевого усилия. Выбор основных размеров рабочего колеса. Подводы и отводы. Мощность и КПД машины. Способы повышения напора и подачи насосов. Влияние вязкости на параметры насоса. Формы рабочих колес насосов в зависимости от быстроходности. Влияние условий эксплуатации на выбираемую конструкцию насоса. Испытание насосов. Насосные агрегаты и установки. Выбор насосов. Эксплуатация насосов. Насосные станции. Объемные насосы. Схемы, принципы действия, индикаторная диаграмма. Формулы определения подачи. Характеристика. Допустимая высота всасывания. Особенности эксплуатации. Ротационные насосы: шестеренчатые, пластинчатые, поршневые, винтовые. Схемы, конструкции, подача, мощность и КПД. Эксплуатация, области применения. Общие сведения о вентиляторах. Устройство и принципы действия центробежного и осевого вентиляторов. Характеристика вентиляторов. Зоны устойчивости работы. Влияние самотяги на требуемый напор вентилятора. Регулирование вентиляторов, их выбор. Области использования. Дымососы. Эксплуатационная надежность вентиляторов.</p>	7	5	4	14	30
4	Газотурбинные установки (ГТУ)	<p>Общие сведения о ГТУ. Схемы ГТУ, работающие по замкнутому циклу. КПД теоретического цикла ГТУ, абсолютный внутренний КПД цикла ГТУ, мощность ГТУ, удельный расход газа в ГТУ, цикл ГТУ с регенерацией, цикл ГТУ с промежуточным охлаждением сжимаемого воздуха и ступенчатым подводом тепла. Замкнутые схемы ГТУ. Полузамкнутые, вакуумные и бескомпрессорные ГТУ. Особенности работы высоко-температурных ступеней газовой турбины, работа газовой турбины в составе энергетических и приводных газотурбинных установок.</p>	5	7	2	14	28
5	Паротурбинные установки (ПТУ)	<p>Классификация паровых турбин. Баланс энергии и структура КПД турбинной ступени; анализ потерь в характерных сечениях турбины. Работа</p>	5	7	2	14	28

		турбинной ступени в переменном режиме. Диаграмма режимов паровой турбины. Стандартные параметры пара. Работа и мощность турбинной ступени. Типы потерь в проточной части турбины. Принципиальные схемы паротурбинных установок, принцип работы и схемы паротурбинных установок. Конструкции паровых турбин большой мощности. Конденсационные устройства паровых турбин.					
6	Двигатели внутреннего сгорания (ДВС)	Схемы двигателей, основные показатели работы двигателей. Назначение, достоинства и недостатки ДВС. Классификация и область применения ДВС. Устройство и принцип действия ДВС. Четырехтактный и двухтактный двигатели. Смесеобразование и воспламенение. Режимные характеристики и тепловая экономичность ДВС. Режимы работы, тепловой баланс, КПД и показатели экономичности. Основы техники безопасности и экологии при эксплуатации ГТУ, ПТУ, ДВС.	5	7	2	13	27
<b>Итого</b>			<b>36</b>	<b>36</b>	<b>18</b>	<b>81</b>	<b>171</b>

### очно-заочная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Введение. Основы теории турбомашин	Место и роль нагнетателей и тепловых двигателей в системах тепло-энергоснабжения промышленных предприятий. Типы коммуникаций в системах промтеплоэнергетики. Общие сведения о турбомашин. Определяющие сведения из аэродинамики, основы кинематики и динамики турбомашин. Основное уравнение турбомашин. Анализ плоской решетки профилей. Вихревые потоки в рабочем колесе турбомашин. Теоретическая производительность турбомашин. Теоретические напорные характеристики турбомашин при постоянной частоте вращения. Влияние внешнего угла наклона лопатки на величину и характер теоретического напора. Анализ составляющих напора и области использования турбомашин с различными значениями угла наклона лопатки. Напорные характеристики турбомашин с учетом составляющих потерь напора и подачи. Действительные напорные и эксплуатационные характеристики турбомашин. Совместная работа	7	5	2	14	28

		турбомашин, ее целесообразность и особенности. Области использования и эффективность.					
2	Компрессоры	<p>Понятие о теоретическом процессе в поршневом компрессоре. Индикаторная диаграмма. Вредное пространство и его влияние на производительность компрессора. Пределы сжатия в одноступенчатом компрессоре. Работа компрессора за цикл при изотермическом, адиабатном и политропном способах сжатия. Графическое сравнение изотермического, адиабатного и политропного сжатия. Действительная индикаторная диаграмма поршневого компрессора. Объем засасываемого воздуха. Влияние сопротивления клапанов, всасывающих и нагнетательных трактов. Определение производительности поршневого компрессора по его размерам. Многоступенчатое сжатие: его необходимость и целесообразность. Индикаторная диаграмма двухступенчатого сжатия, конечная температура, влияние вредного пространства, промежуточное давление. Определение конечной температуры и полной работы в многоступенчатом компрессоре. Основные принципы регулирования поршневых компрессоров. Устройство и принцип действия центробежных компрессоров. Особенности характеристики. Изображение процесса сжатия центробежного компрессора в диаграммах P-V и T-S. Мощность на валу и КПД. Регулирование центробежных компрессоров при обеспечении постоянного давления у потребителя. Зоны неустойчивости и неэкономичной работы. Области использования центробежных компрессоров. Винтовые компрессоры. Конструкция, режимы работы. Индикаторные диаграммы. Достоинства, недостатки, области применения. Ротационные компрессоры, общая характеристика, принципы действия, области применения. Конструкция осевых компрессоров. Характеристики, обеспечение устойчивой работы, избежание «помпажа». Области использования осевых компрессоров</p>	5	5	4	16	30
3	Насосы. Вентиляторы	<p>Общие сведения. Классификация насосов. Лопастные насосы. Максимальная высота всасывания и</p>	5	5	4	16	30



		<p>кавитация. Осевое усилие. Способы уравнивания осевого усилия. Выбор основных размеров рабочего колеса. Подводы и отводы. Мощность и КПД машины. Способы повышения напора и подачи насосов. Влияние вязкости на параметры насоса. Формы рабочих колес насосов в зависимости от быстроходности. Влияние условий эксплуатации на выбираемую конструкцию насоса. Испытание насосов. Насосные агрегаты и установки. Выбор насосов. Эксплуатация насосов. Насосные станции. Объемные насосы. Схемы, принципы действия, индикаторная диаграмма. Формулы определения подачи. Характеристика. Допустимая высота всасывания. Особенности эксплуатации. Ротационные насосы: шестеренчатые, пластинчатые, поршневые, винтовые. Схемы, конструкции, подача, мощность и КПД. Эксплуатация, области применения. Общие сведения о вентиляторах. Устройство и принципы действия центробежного и осевого вентиляторов. Характеристика вентиляторов. Зоны устойчивости работы. Влияние самотяги на требуемый напор вентилятора. Регулирование вентиляторов, их выбор. Области использования. Дымососы. Эксплуатационная надежность вентиляторов.</p>					
4	Газотурбинные установки (ГТУ)	<p>Общие сведения о ГТУ. Схемы ГТУ, работающие по замкнутому циклу. КПД теоретического цикла ГТУ, абсолютный внутренний КПД цикла ГТУ, мощность ГТУ, удельный расход газа в ГТУ, цикл ГТУ с регенерацией, цикл ГТУ с промежуточным охлаждением сжимаемого воздуха и ступенчатым подводом тепла. Замкнутые схемы ГТУ. Полузамкнутые, вакуумные и бескомпрессорные ГТУ. Особенности работы высоко-температурных ступеней газовой турбины, работа газовой турбины в составе энергетических и приводных газотурбинных установок.</p>	5	5	2	16	28
5	Паротурбинные установки (ПТУ)	<p>Классификация паровых турбин. Баланс энергии и структура КПД турбинной ступени; анализ потерь в характерных сечениях турбины. Работа турбинной ступени в переменном режиме. Диаграмма режимов паровой турбины. Стандартные параметры</p>	5	7	2	16	30

		пара. Работа и мощность турбинной ступени. Типы потерь в проточной части турбины. Принципиальные схемы паротурбинных установок, принцип работы и схемы паротурбинных установок. Конструкции паровых турбин большой мощности. Конденсационные устройства паровых турбин.					
6	Двигатели внутреннего сгорания (ДВС)	Схемы двигателей, основные показатели работы двигателей. Назначение, достоинства и недостатки ДВС. Классификация и область применения ДВС. Устройство и принцип действия ДВС. Четырехтактный и двухтактный двигатели. Смесеобразование и воспламенение. Режимные характеристики и тепловая экономичность ДВС. Режимы работы, тепловой баланс, КПД и показатели экономичности. Основы техники безопасности и экологии при эксплуатации ГТУ, ПТУ, ДВС.	5	5	2	13	25
<b>Итого</b>			<b>32</b>	<b>32</b>	<b>16</b>	<b>91</b>	<b>171</b>

### заочная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Введение. Основы теории турбомашин	Место и роль нагнетателей и тепловых двигателей в системах тепло-энергоснабжения промышленных предприятий. Типы коммуникаций в системах промтеплоэнергетики. Общие сведения о турбомашинах. Определяющие сведения из аэродинамики, основы кинематики и динамики турбомашин. Основное уравнение турбомашин. Анализ плоской решетки профилей. Вихревые потоки в рабочем колесе турбомашин. Теоретическая производительность турбомашин. Теоретические напорные характеристики турбомашин при постоянной частоте вращения. Влияние внешнего угла наклона лопатки на величину и характер теоретического напора. Анализ составляющих напора и области использования турбомашин с различными значениями угла наклона лопатки. Напорные характеристики турбомашин с учетом составляющих потерь напора и подачи. Действительные напорные и эксплуатационные характеристики турбомашин. Совместная работа турбомашин, ее целесообразность и особенности. Области использования и эффективность.	2	-	-	32	34
2	Компрессоры	Понятие о теоретическом процессе в поршневом компрессоре. Индикаторная диаграмма. Вредное пространство и его влияние на	2	1	-	32	35

		<p>производительность компрессора. Пределы сжатия в одноступенчатом компрессоре. Работа компрессора за цикл при изотермическом, адиабатном и политропном способах сжатия. Графическое сравнение изотермического, адиабатного и политропного сжатия. Действительная индикаторная диаграмма поршневого компрессора. Объем засасываемого воздуха. Влияние сопротивления клапанов, всасывающих и нагнетательных трактов. Определение производительности поршневого компрессора по его размерам. Многоступенчатое сжатие: его необходимость и целесообразность. Индикаторная диаграмма двухступенчатого сжатия, конечная температура, влияние вредного пространства, промежуточное давление. Определение конечной температуры и полной работы в многоступенчатом компрессоре. Основные принципы регулирования поршневых компрессоров. Устройство и принцип действия центробежных компрессоров. Особенности характеристики. Изображение процесса сжатия центробежного компрессора в диаграммах P-V и T-S. Мощность на валу и КПД. Регулирование центробежных компрессоров при обеспечении постоянного давления у потребителя. Зоны неустойчивости и неэкономичной работы. Области использования центробежных компрессоров. Винтовые компрессоры. Конструкция, режимы работы. Индикаторные диаграммы. Достоинства, недостатки, области применения. Ротационные компрессоры, общая характеристика, принципы действия, области применения. Конструкция осевых компрессоров. Характеристики, обеспечение устойчивой работы, избежание «помпажа». Области использования осевых компрессоров</p>					
3	Насосы. Вентиляторы	<p>Общие сведения. Классификация насосов. Лопастные насосы. Максимальная высота всасывания и кавитация. Осевое усилие. Способы уравнивания осевого усилия. Выбор основных размеров рабочего колеса. Подводы и отводы. Мощность и КПД машины. Способы повышения напора и подачи насосов. Влияние вязкости на параметры насоса. Формы рабочих колес насосов в зависимости от быстроходности. Влияние условий эксплуатации на выбираемую конструкцию насоса. Испытание насосов. Насосные агрегаты и установки. Выбор насосов. Эксплуатация насосов. Насосные станции. Объемные насосы. Схемы, принципы действия, индикаторная диаграмма. Формулы определения подачи. Характеристика. Допустимая</p>	2	2	2	32	38

		высота всасывания. Особенности эксплуатации. Ротационные насосы: шестеренчатые, пластинчатые, поршневые, винтовые. Схемы, конструкции, подача, мощность и КПД. Эксплуатация, области применения. Общие сведения о вентиляторах. Устройство и принципы действия центробежного и осевого вентиляторов. Характеристика вентиляторов. Зоны устойчивости работы. Влияние самотяги на требуемый напор вентилятора. Регулирование вентиляторов, их выбор. Области использования. Дымососы. Эксплуатационная надежность вентиляторов.					
4	Газотурбинные установки (ГТУ)	Общие сведения о ГТУ. Схемы ГТУ, работающие по замкнутому циклу. КПД теоретического цикла ГТУ, абсолютный внутренний КПД цикла ГТУ, мощность ГТУ, удельный расход газа в ГТУ, цикл ГТУ с регенерацией, цикл ГТУ с промежуточным охлаждением сжимаемого воздуха и ступенчатым подводом тепла. Замкнутые схемы ГТУ. Полузамкнутые, вакуумные и бескомпрессорные ГТУ. Особенности работы высоко-температурных ступеней газовой турбины, работа газовой турбины в составе энергетических и приводных газотурбинных установок.	-	1	-	32	33
5	Паротурбинные установки (ПТУ)	Классификация паровых турбин. Баланс энергии и структура КПД турбинной ступени; анализ потерь в характерных сечениях турбины. Работа турбинной ступени в переменном режиме. Диаграмма режимов паровой турбины. Стандартные параметры пара. Работа и мощность турбинной ступени. Типы потерь в проточной части турбины. Принципиальные схемы паротурбинных установок, принцип работы и схемы паротурбинных установок. Конструкции паровых турбин большой мощности. Конденсационные устройства паровых турбин.	2	1	-	32	35
6	Двигатели внутреннего сгорания (ДВС)	Схемы двигателей, основные показатели работы двигателей. Назначение, достоинства и недостатки ДВС. Классификация и область применения ДВС. Устройство и принцип действия ДВС. Четырехтактный и двухтактный двигатели. Смесеобразование и воспламенение. Режимные характеристики и тепловая экономичность ДВС. Режимы работы, тепловой баланс, КПД и показатели экономичности. Основы техники безопасности и экологии при эксплуатации ГТУ, ПТУ, ДВС.	-	1	-	27	28
<b>Итого</b>			<b>8</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	<b>187</b>	<b>203</b>

## 5.2 Перечень лабораторных работ

№ п/п	Наименование лабораторной работы
1	Вводное занятие. Инструктаж по технике безопасности. Погрешность измерений.
2	Построение суммарных характеристик при параллельной и последовательной работе насосов. Кавитационные испытания насоса.
3	Изучение конструкции и испытания центробежного вентилятора
4	Испытание компрессоров, правила их эксплуатации
5	Конструкция ДВС. Характеристики режимов работы (скоростная, нагрузочная, регулировочная)

## 6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины не предусматривает выполнение курсового проекта (работы) или контрольной работы.

## 7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

**7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания**

### 7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ПК-1	знать принципы работы и области применения нагнетателей и тепловых двигателей	Активная работа на практических занятиях, отвечает на теоретические вопросы при защите лабораторных работ	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

	определять конструктивные размеры нагнетателей по заданным производительности и напору	Решение стандартных практических задач, написание контрольных работ	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть обеспечением бесперебойной работы, правильной эксплуатации, ремонта и модернизации энергетического, теплотехнического и теплотехнологического оборудования, средств автоматизации и защиты, электрических и тепловых сетей, воздухопроводов и газопроводов	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

### 7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 5, 6 семестре для очной формы обучения, 6, 7 семестре для очно-заочной формы обучения, 6, 7 семестре для заочной формы обучения по четырехбалльной системе:

«отлично»;

«хорошо»;

«удовлетворительно»;

«неудовлетворительно».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неудовл.
ПК-1	знать принципы работы и области применения нагнетателей и тепловых двигателей	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	определять конструктивные размеры нагнетателей по заданным производительности и напору	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	владеть обеспечением бесперебойной работы, правильной эксплуатации, ремонта и модернизации энергетического, теплотехнического и теплотехнологического	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов

	оборудования, средств автоматизации и защиты, электрических и тепловых сетей, воздухопроводов и газопроводов					
--	--	--	--	--	--	--

## **7.2 Примерный перечень оценочных средств ( типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)**

### **7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию**

**Вопрос 1.** В каком элементе турбомашин происходит приращение напора?

- 1) Приращение напора происходит в диффузоре.
- 2) Приращение напора происходит в конфузоре.
- 3) Приращение напора происходит в лопатках рабочего колеса.
- 4) Приращение напора происходит в лопатках направляющего аппарата.

**Вопрос 2.** Принципы построения и назначения безразмерных характеристик турбомашин.

1) Используя принцип геометрического, кинематического и динамического подобия строится типовая безразмерная характеристика серии турбомашин по которой с помощью известных коэффициентов можно построить действительные характеристики данной турбомашин.

2) Безразмерная характеристика турбомашин определяется соотношениями одноименных параметров турбомашин и характеризует их относительные величины.

3) Безразмерные характеристики характеризуют режимы работы условной турбомашин перекачивающей условную жидкость.

4) Безразмерные характеристики турбомашин характеризуют работу турбомашин при нулевом значении одного из параметров.

**Вопрос 3.** Что называется коэффициентом быстроходности центробежных насосов?

1) Коэффициент быстроходности центробежного насоса является отношение скорости потока текущего в насосе к скорости колеса.

2) Коэффициент быстроходности называется частота вращения насоса подобного данному развивающего напор равный 1м вод.ст. при полезной мощности 0,73 кВт (1л.с.) и работающего в режиме КПД.

3) Коэффициент быстроходности называется безразмерная величина характеризующая геометрические и кинетические параметры центробежного насоса работающего в зоне максимального КПД.

4) Коэффициент быстроходности называется безразмерная величина

характеризующая отношение напора при максимальной КПД насоса к напору при нулевой производительности.

**Вопрос 4.** Чем определяется высота всасывания насоса?

- 1) Производительностью насоса и величиной развиваемого напора.
- 2) Условием безкавитационной работы.
- 3) Размерами рабочего органа насоса (колеса и поршня).
- 4) Скорость вращения (движения) рабочего органа.

**Вопрос 5.** Что называется кавитацией?

- 1) Вскипание жидкости с образованием пузырьков называется кавитацией.
- 2) Комплекс явлений, связанных с вскипанием жидкости, образованием пузырьков, наполненных парами этой жидкости, их конденсацией в области высоких давлений и захлопывание образующих пустот на лопатках колеса, носящем характер точечных ударов.
- 3) Комплекс явлений, связанных с вихревым движением жидкости в корпусе насоса вызывающем снижение напора КПД и увеличением потребляемой мощности двигателем насоса.
- 4) Комплекс явлений определяющий явление увеличения напора насоса до величин опасных для данной водопроводной сети.

**Вопрос 6.** Почему при работе центробежных насосов возникает осевое давление? Способы его компенсации.

- 1) Осевое давление возникает за счет силового воздействия всасывающего потока на колесо. Устраняется уменьшением скорости всасывающего потока.
- 2) Осевое давление возникает за счет разности давлений на рабочее колесо со стороны переднего и заднего диска. Устраняется при помощи дисков и специальных гидравлических способов.
- 3) Осевое давление возникает за счет реактивности потока, направляемого в нагнетательный патрубок. Устраняется с помощью специальных устройств - гасителей.
- 4) Осевое давление в центробежных насосах возникает в случае плохой балансировки рабочих колес. Устраняется путем регулирования балансировки при ремонтных осмотрах.

**Вопрос 7.** Из данных определений, дающих принцип действия центробежной турбомашины, укажите правильный.

- 1) При вращательном движении жидкость захватывается лопатками колеса, приобретает энергию и направляется в нагнетательный диффузор.
- 2) При вращении рабочего колеса жидкость, вращаясь вместе с ним, в



межлопаточных каналах отбрасывается вдоль лопаток под действием центробежной силы, приобретая приращения напора.

3) Поток текучего, проходя через суживающийся вход (конфузор) приобретает большую скорость, перемещается лопатками рабочего колеса к нагнетательному диффузору на выход турбомашин.

4) Принцип действия центробежной турбомашин заключается в закручивающем элеваторном перемещении потока текучего через всасывающий и нагнетательный патрубок лопатками рабочего колеса.

### **Вопрос 8.** Назовите принцип действия поршневых машин.

1) Возвратно поступательное движение поршня создает разрежение и повышенное давление степень которого определяется клапанами и противодавлением, что и обуславливает всасывание текучего и нагнетание его в сеть.

2) Всасывающие и нагнетательные клапаны обеспечивают прохождение через цилиндр поршневой машин поток текучего в напорную сеть.

3) Поток текучего под действием атмосферного давления проходит через суживающийся входной конфузор, приобретает скорость и через цилиндр машин перемещается в напорную сеть.

4) Принцип действия поршневой машин заключается в периодическом открывании всасывающих и нагнетательных клапанов через которые проходит поток текучего.

### **Вопрос 9.** Назовите принцип действия осевой турбомашин.

1) Лопатки колеса воздействуя на текучее сообщают ему скорость движения вдоль оси корпуса.

2) Лопасти колеса закручивают частицы текучего и за счет центробежной силы потока направляется к диффузору.

3) Перед рабочем колесом устанавливается направляющий аппарат с подвижными лопатками, проходя через которые поток увеличивает скорость, поступая в диффузор.

4) Приращение напора потока происходит за счет уменьшения сечения проходного канала.

**Вопрос 10.** Насосы по принципу действия классифицируются следующим образом:

1) лопастные, объёмные, струйные

2) циркуляционные, питательные, сетевые, конденсатные, бойлерные

3) низконапорные, средненапорные, высоконапорные

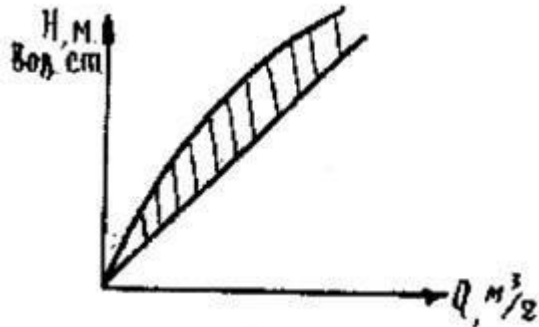
4) насосы общего назначения, насосы специальные

## 7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

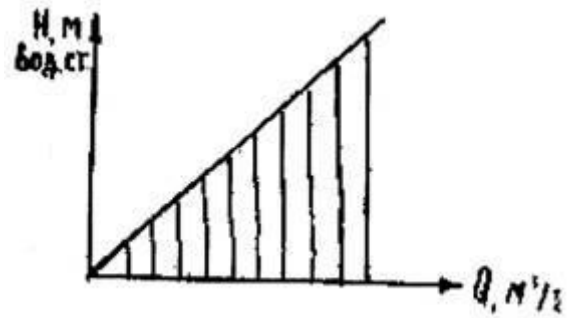
**Вопрос 1.** Как изображается графически характеристика насосной сети?

$$H = H_z + RQ^2, \text{ м.вод.ст.}$$

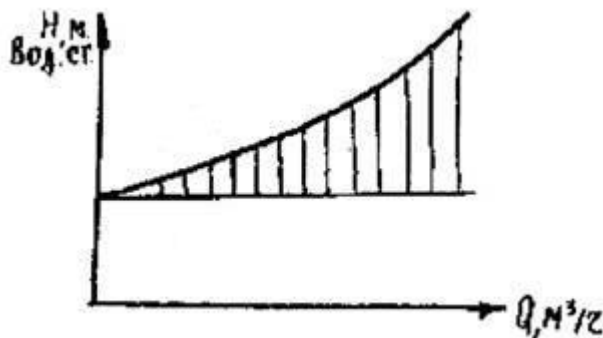
1)



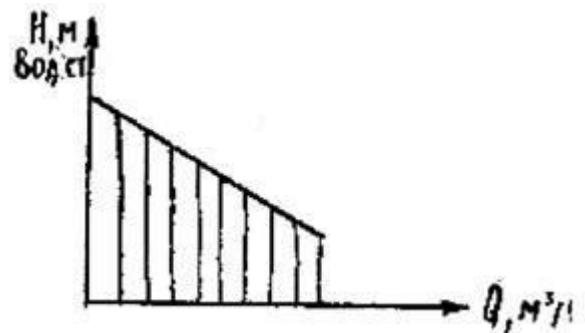
2)



3)



4)



**Вопрос 2.** Какая из представленных зависимостей является напорной характеристикой турбомашины?

$$1) \quad H = H_z + \Delta H + \frac{V_0^2}{2g} = H_z + RQ^2$$

$$2) \quad H = \frac{U_2 C_2 \cdot \cos \alpha_2 - U_1 C_1 \cdot \cos \alpha_1}{g}$$

$$3) \quad H = Z + \frac{P}{\gamma} + \frac{V^2}{2g}$$

$$4) \quad H = \frac{U_2^2}{g} - \frac{U_2 Q_m \operatorname{ctg} \beta_2}{\pi D_2 b_2 g}$$

**Вопрос 3.** Какая из представленных зависимостей описывает уравнение

установки?

$$1) H = H_z + \Delta H + \frac{V_0^2}{2g} = H_z + RQ^2$$

$$2) H = \frac{U_2 C_2 \cdot \cos \alpha_2 - U_1 C_1 \cdot \cos \alpha_1}{g}$$

$$3) H = Z + \frac{P}{\gamma} + \frac{V^2}{2g}$$

$$4) H = \frac{U_2^2}{g} - \frac{U_2 Q_m \operatorname{Ctg} \beta_2}{\pi D_2 b_2 g}$$

**Вопрос 4.** Какая из представленных зависимостей описывает основное уравнение турбомашины?

$$1) H = H_z + \Delta H + \frac{V_0^2}{2g} = H_z + RQ^2$$

$$2) H = \frac{U_2 C_2 \cdot \cos \alpha_2 - U_1 C_1 \cdot \cos \alpha_1}{g}$$

$$3) H = Z + \frac{P}{\gamma} + \frac{V^2}{2g}$$

$$4) H = \frac{U_2^2}{g} - \frac{U_2 Q_m \operatorname{Ctg} \beta_2}{\pi D_2 b_2 g}$$

**Вопрос 5.** Какая из представленных зависимостей позволяет определить производительность центробежной турбомашины?

$$1) Q_m = \pi D_2 b_2 c_{22}$$

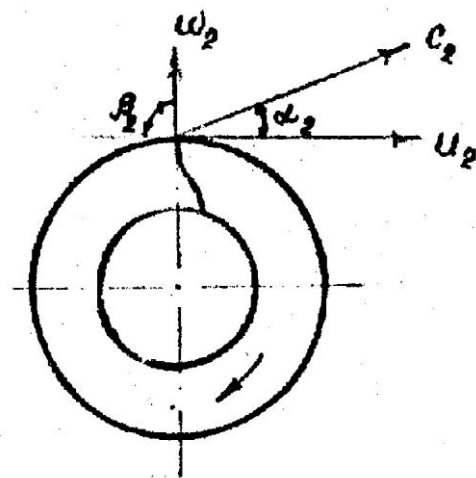
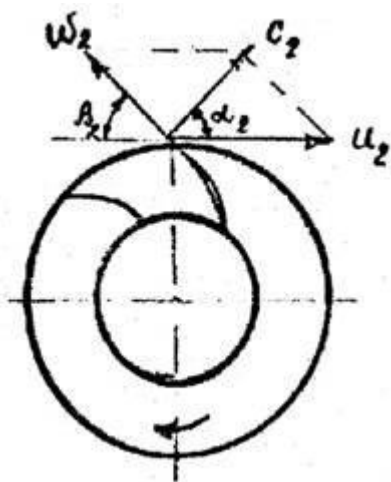
$$2) Q_m = \frac{\pi}{4} (D_1^2 - D_2^2) \cdot C_2$$

$$3) Q_m = F \cdot V$$

$$4) Q_m = \frac{\pi}{4} U_2 C_{2u}$$

**Вопрос 6.** Как изменяется величина и характер напора центробежной

турбомашины при изменении угла наклона лопатки  $\beta_2$  рабочего колеса на выходе от  $0^\circ$  до  $90^\circ$ .



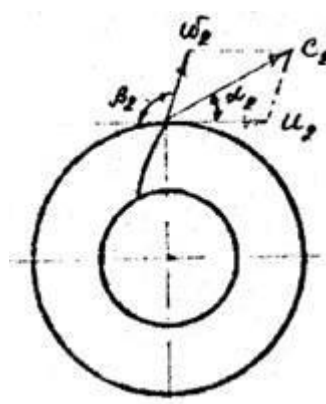
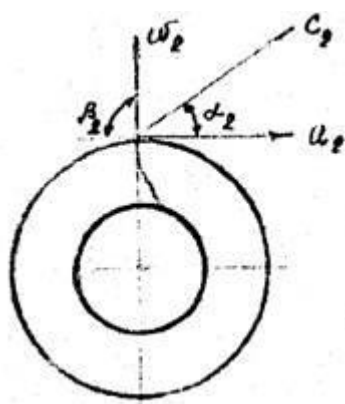
1) При увеличении угла  $\beta_2$  от  $0$  до  $90^\circ$  величина общего напора увеличивается за счет увеличения статического и динамического напора, но доля статического больше.

2) При увеличении угла  $\beta_2$  от  $0$  до  $90^\circ$  величина общего напора уменьшается за счет более интенсивного уменьшения статического напора.

3) При увеличении угла  $\beta_2$  от  $0$  до  $90^\circ$  величина общего напора увеличивается за счет более интенсивного уменьшения динамического напора над статическим.

4) При увеличении угла  $\beta_2$  от  $0$  до  $90^\circ$  общая величина напора уменьшается за счет более интенсивного уменьшения динамического напора над статическим.

**Вопрос 7.** Как изменяется величина и характер напора центробежной турбомашины при изменении угла наклона лопатки рабочего колеса  $\beta_2$  от  $90^\circ$ .



1) При увеличении угла наклона  $\beta_2$  от  $90^\circ$  до  $180^\circ$  величина общего напора уменьшается за счет более интенсивного уменьшения динамического напора.

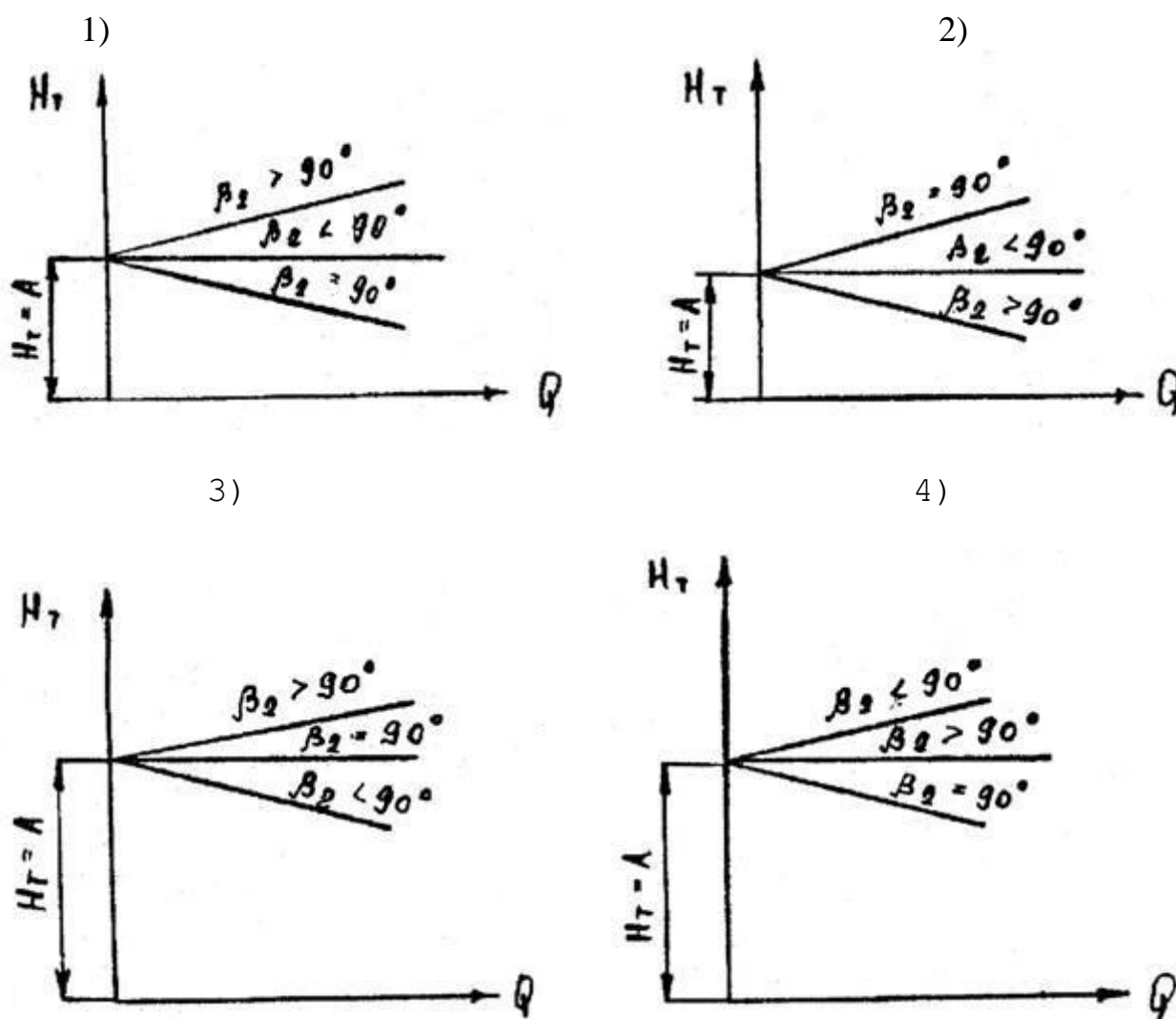
2) При увеличении угла наклона  $\beta_2$  от  $90^\circ$  до  $180^\circ$  величина общего напора

увеличивается, при этом динамическая составляющая увеличивается, а статическая составляющая напора уменьшается.

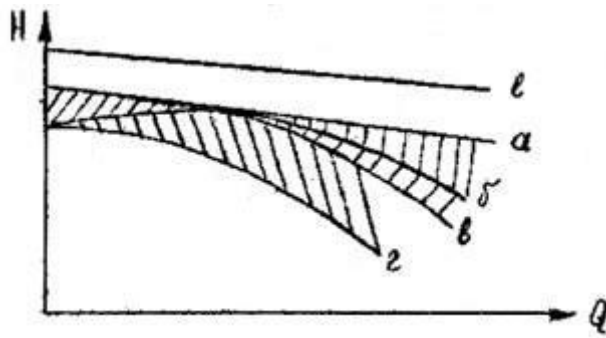
3) При увеличении угла наклона  $\beta_2$  от  $90^\circ$  до  $180^\circ$  общая величина напора увеличивается, при этом статическая составляющая напора увеличивается, при этом динамическая - резко уменьшается.

4) При увеличении угла наклона  $\beta_2$  от  $90^\circ$  до  $180^\circ$  общая величина напора уменьшается, за счет более интенсивного уменьшения статического напора.

**Вопрос 8.** Укажите схему на которой виды напорной характеристики турбомашин соответствуют поставленным углам наклона лопаток?



**Вопрос 9.** Назовите потери напора в действительной турбомашине, указанные на графике?



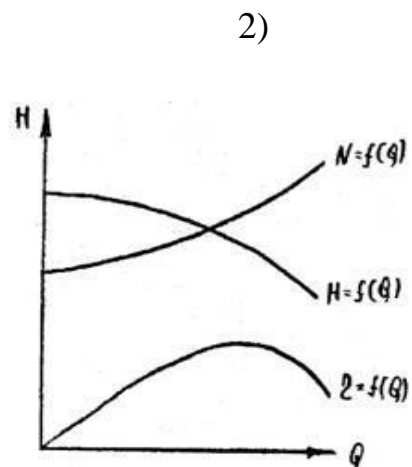
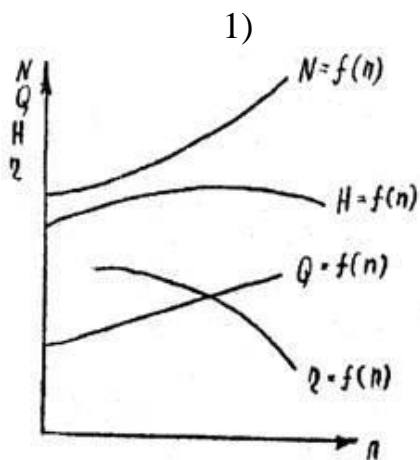
1)  $z$  — теоретическая напорная характеристика;  $в$  — потери напора от трения в каналах;  $\bar{b}$  - потери напора на удар жидкости при входе в рабочее колесо;  $a$  - потери напора с учетом конечного числа лопаток;  $l$  - действительная напорная характеристика.

2)  $l$  - теоретическая напорная характеристика;  $a$  - теоретическая характеристика учитывающая поправку на конечное число лопаток;  $\bar{b}$  - потери напора от трения в каналах;  $в$  - потери напора при ударе потока текучего о лопатки;  $z$  - уменьшение величины  $H$  с учетом утечек потока текучего через зазоры.

3)  $l$  - изменение величины  $H$  с учетом утечек жидкости через зазоры;  $a$  - потери напора при ударе потока текучего о лопатки;  $\bar{b}$  - уменьшение напора, вызываемое предкавитационными режимами;  $в$  — потери напора от трения в каналах;  $z$  - теоретическая напорная характеристика.

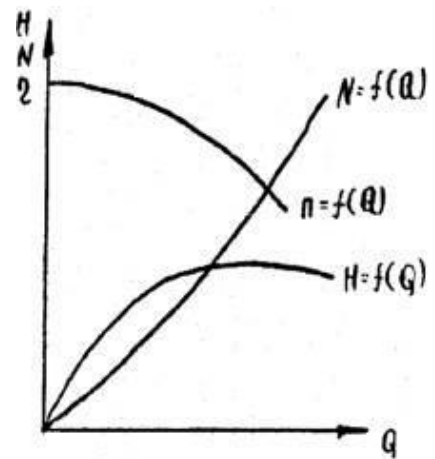
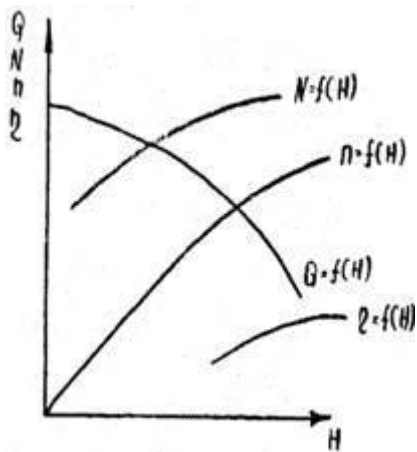
4)  $l$  - действительная напорная характеристика;  $a$  - уменьшение величины  $H$  с учетом утечек потока текучего через зазоры;  $\bar{b}$  - потери напора при ударе потока текучего на вход лопаток;  $в$  - потери напора от трения в каналах;  $z$  - теоретическая напорная характеристика центробежной турбомашины.

**Вопрос 10.** Какая из графических зависимостей соответствует эксплуатационным характеристикам центробежной машины?



3)

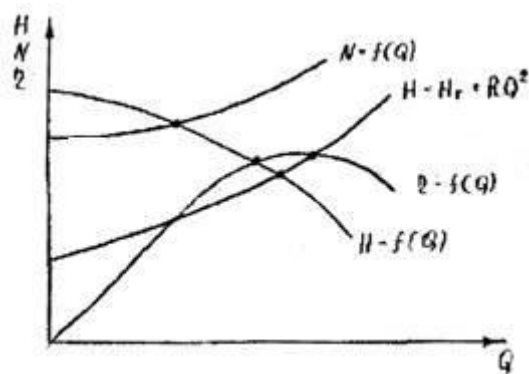
4)



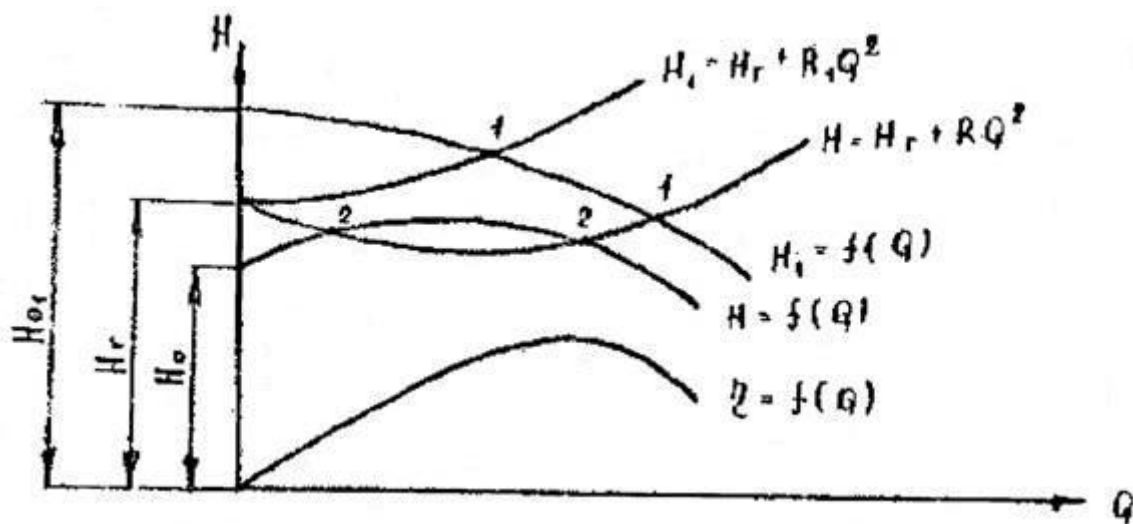
### 7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

**Вопрос 1.** Как определяется рабочий режим центробежной турбомашины при ее работе на сеть?

- 1) Точкой пересечения характеристики сети и зависимости КПД.
- 2) Точкой пересечения напорной характеристики и зависимости мощности.
- 3) Точкой пересечения напорной характеристики и характеристики сети.
- 4) Точкой максимального КПД.



**Вопрос 2.** Условия нормальной эксплуатации центробежной турбомашины



- |                             |                |                       |
|-----------------------------|----------------|-----------------------|
| 1) $\eta = \eta_{\max}$     | $H_{01} < H_2$ | Наличие т.т. 1,2.     |
| 2) $\eta = 0,85\eta_{\max}$ | $H_2 > 0,9H_0$ | Наличие т.1           |
| 3) $\eta$ - любое           | $H_0 = H_2$    | Отсутствие точек 1,2. |
| 4) N-min; Q-любое;          | $H_0 > H_2$    |                       |

**Вопрос 3.** В каких случаях применяется последовательная турбомашина? Как изменяются параметры совместной их работы?

1) Для увеличения количества подаваемого текучего в сеть используется работа турбомашин. Результирующая производительность равна сумме производительностей работающих машин.

2) Для увеличения напора применяют последовательную работу турбомашин. Результирующая величина напора увеличивается до 0,85 суммы напоров взятых турбомашин.

3) Для обеспечения работы турбомашин в зоне максимального КПД используют их последовательную работу. КПД оказывается равным среднему значению КПД взятых турбомашин.

4) Для уменьшения удельной мощности применяют последовательную работу турбомашин. Удельная мощность при последовательной работе равна меньшему значению работающих турбомашин.

**Вопрос 4.** В каких случаях применяется параллельная работа турбомашин? Как выглядят результирующие параметры работающих турбомашин?

1) Для увеличения напора применяют параллельную работу турбомашин. Результирующий напор равен сумме напоров работающих турбомашин.

2) Для увеличения количества текучего подаваемого в сеть применяется

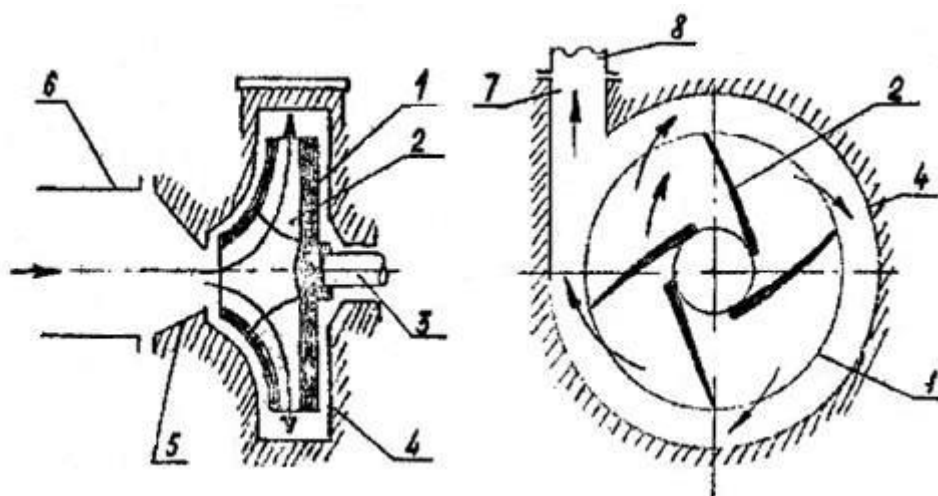


параллельная работа турбомашин. Общая производительность равняется около 0,85 сумме производительностей турбомашин при незначительном увеличении напора.

3) Для обеспечения работы турбомашин в зоне максимального КПД используют параллельную работу. Результирующий КПД равняется среднему значению КПД взятых турбомашин.

4) Для уменьшения удельного расхода электроэнергии применяется параллельная работа. Результирующий удельный расход электроэнергии равен меньшему значению работающих турбомашин.

**Вопрос 5.** Укажите элементы центробежной машины.



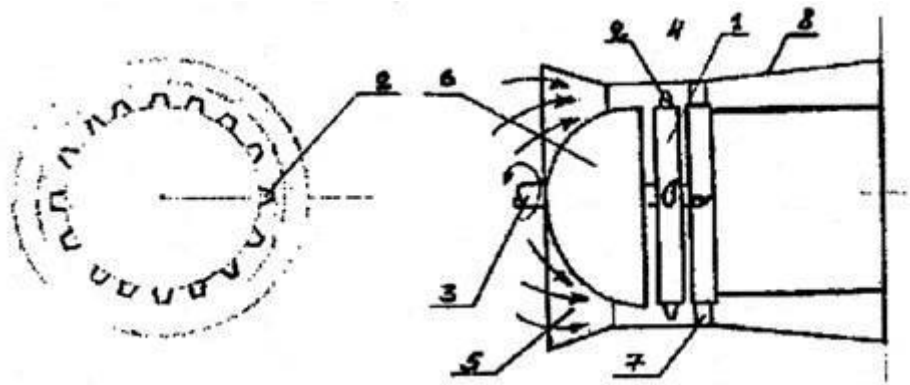
1) 1-Колесо; 2-лопасти; 3-вал; 4-корпус; 5-всасывающий патрубок; 6-всасывающий трубопровод (конфузор); 7-напорный патрубок (диффузор); 8-напорный трубопровод.

2) 1-напорный трубопровод; 2-корпус; 3-напорный патрубок (диффузор); 4-всасывающий патрубок (конфузор); 5-лопасти; 6-колесо; 7-корпус; 8-вал.

3) 1-лопасти; 2-колесо; 3-напорный трубопровод; 4-всасывающий патрубок (конфузор); 5-напорный патрубок (диффузор); 6-вал; 7-всасывающий трубопровод; 8-корпус.

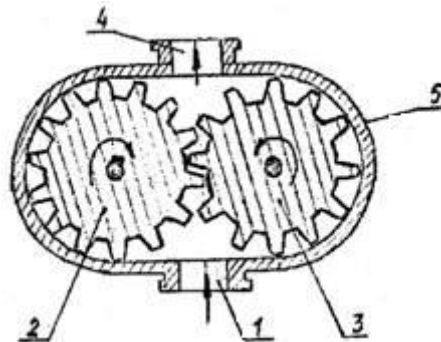
4) 1-корпус; 2-всасывающий патрубок (конфузор); 4-напорный трубопровод; 5-колесо; 6-вал; 7-лопасти; 8-всасывающий трубопровод.

**Вопрос 6.** Укажите элементы осевой турбомашин.



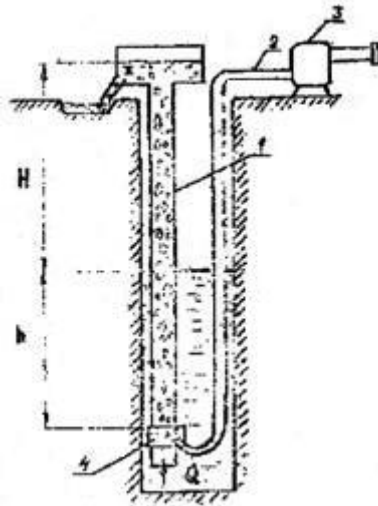
- 1) 1-обтекатель; 3-коллектор (конфузор); 4-штулка; 5-лопатки спрямляющего аппарата; 6-вал; 7-диффузор; 8-лопатки.
- 2) 1-штулка; 2-лопатки; 3- вал; 4-корпус; 5-коллектор (конфузор); 6-передний обтекатель; 7-лопатки спрямляющего аппарата; 8-диффузор.
- 3) 1-корпус; 2-обтекатель; 3-коллектор; 4-штулка; 5-передний обтекатель; 6-диффузор; 7-лопатки рабочего колеса; лопатки спрямляющего аппарата.
- 4) 1-лопатка рабочего колеса; 2-штулка; 3-диффузор; 4-коллектор; 5-передний обтекатель; 6-спрямляющий аппарат; 7-вал; 8- корпус.

**Вопрос 7.** Укажите элементы шестеренчатого насоса.



- 1) 1- корпус; 2 - ведомая шестерня; 3 - ведущая шестерня; 4-корпус; 5-напорная полость.
- 2) 1-напорная полость; 2 и 3-ведомая и ведущая шестерни; 4-всасывающая полость; 5-корпус.
- 3) 1-полость всасывания; 2-ведущая шестерня; 3-ведомая шестерня; 4-напорная полость; 5-корпус.
- 4) 1-корпус; 2-напорная полость; 3-всасывающая полость; 4-ведущая шестерня; 5-ведомая шестерня.

**Вопрос 8.** Укажите элементы эрлифта.



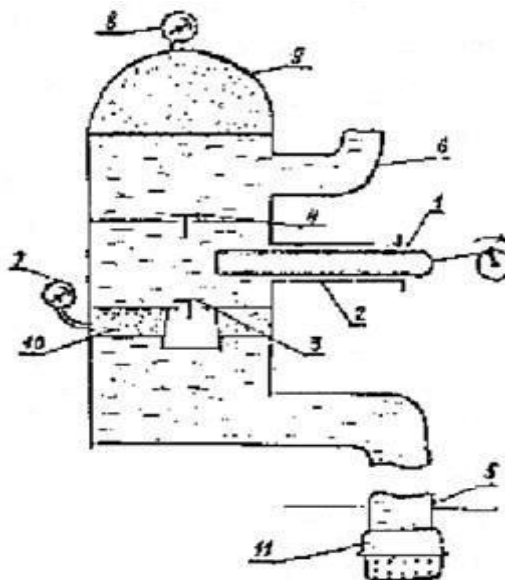
1) 1-компрессор; 2-смеситель; 3-трубопровод сжатого воздуха; 4-водоподъемная труба.

2) 1-водоподъемная труба; 2-трубопровод сжатого воздуха; 3-компрессор; 4-смеситель.

3) 1-смеситель; 2-компрессор; 3-трубопровод сжатого воздуха; 4-водоподъемная труба.

4) 1-трубопровод сжатого воздуха; 2-водоподъемная труба; 3-смеситель; 4-компрессор.

**Вопрос 9.** Укажите элементы поршневого насоса.



1) 1-воздушный колпак; 2-воздушный колпак; 3-фильтр; 4-манометр; 5-вакууметр; 6-всасывающий патрубок; 7-нагнетательный патрубок; 8-всасывающий клапан; 9-нагнетательный клапан; 10-всасывающий трубопровод; 11 -нагнетательный трубопровод.

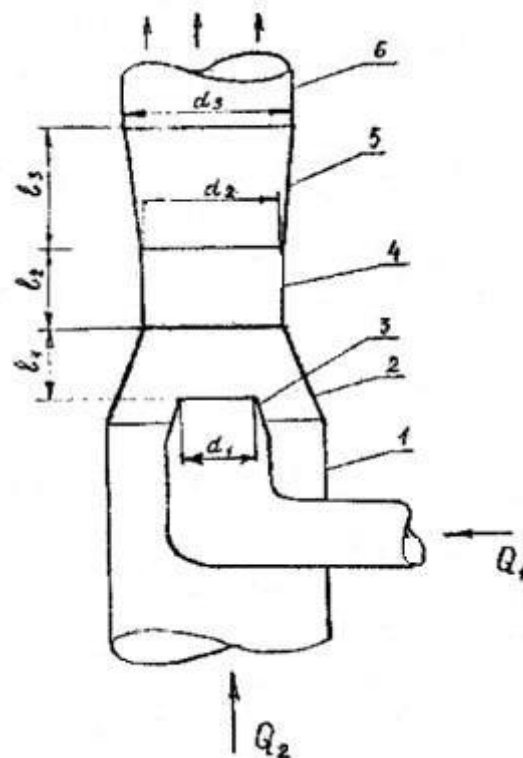
2) 1-фильтр; 2-воздушный колпак; 3-воздушный колпак; 4-манометр;

5-вакуумметр; 6-поршень; 7-цилиндр; 8-всасывающий клапан; 9-нагнетательный клапан; 10-всасывающий клапан; 11-нагнетательный клапан.

3) 1-поршень; 2-цилиндр; 3-всасывающий клапан; 4-нагнетательный клапан; 5-всасывающий трубопровод; 6-нагнетательный трубопровод; 7-вакуумметр; 8-манометр; 9,10-воздушный колпак; 11-всасывающий фильтр.

4) 1-цилиндр; 2-поршень; 3-нагнетательный клапан; 4-всасывающий клапан; 5-нагнетательный трубопровод; 6-всасывающий трубопровод; 7-манометр; 8-вакуумметр; 9,10-воздушный клапан, 11-фильтр.

**Вопрос 10.** Назовите элементы струйного аппарата.



1) 1-диффузор; 2-нагнетательный патрубок; 3-насадок; 4-смесительная камера; 5-нагнетательный патрубок; 6-конфузор.

2) 1-конфузор; 2-всасывающий патрубок; 3-смесительная камера; 4-насадок; 5-нагнетательный патрубок; 6-диффузор.

3) 1 -всасывающий патрубок; 2-конфузор; 3-насадок; 4-смесительная камера; 5-диффузор; 6-нагнетательный патрубок.

4) 1-нагнетательный патрубок; 2-диффузор; 3-смесительная камера; 4-насадок; 5-конфузор; 6-всасывающий патрубок

#### 7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету с оценкой

Вопрос 1. Основное уравнение турбомашины.

Вопрос 2. Предельные степени сжатия поршневого компрессора из-за наличия вредного пространства.

- Вопрос 3. Назначение и конструкции фильтрующих устройств.
- Вопрос 4. Теоретическая производительность турбомашин.
- Вопрос 5. Температурные пределы сжатия поршневого компрессора.
- Вопрос 6. Требования, предъявляемые к фильтрам.
- Вопрос 7. Напорная характеристика турбомашин.
- Вопрос 8. Необходимость регулирования поршневых компрессоров.
- Вопрос 9. Сопротивления всасывающего тракта компрессора.
- Вопрос 10. Влияние угла на вид напорной характеристики.
- Вопрос 11. Регулирование поршневых компрессоров отжатием всасывающих клапанов.
- Вопрос 12. Использование механического и динамического наддува для увеличения производительности компрессора.
- Вопрос 13. Определение действительной характеристики турбомашин.
- Вопрос 14. Регулирование поршневых компрессоров подсоединением дополнительных объемов вредного пространства.
- Вопрос 15. Способы реализации динамического наддува поршневых компрессоров.
- Вопрос 16. Эксплуатационные характеристики турбомашин.
- Вопрос 17. Определение количества воды необходимого для охлаждения компрессора.
- Вопрос 18. Типы компрессоров, используемых в промышленности.
- Вопрос 19. Компоновка оборудования на компрессорных станциях.
- Вопрос 20. Характеристика внешней сети без противодействия.
- Вопрос 21. Общее устройство компрессионной станции
- Вопрос 22. Необходимость влагоотделения из системы трубопроводов сжатого воздуха
- Вопрос 23. Классификация нагнетателей, используемых в промышленности.
- Вопрос 24. Индикаторная диаграмма поршневого компрессора P-V и T-S.
- Вопрос 25. Принципы работы и конструкции используемых масловодоотделителей

### **7.2.5 Примерный перечень заданий для подготовки к экзамену**

- Вопрос 1. Назначение и виды нагнетателей.
- Вопрос 2. Кривые пропорциональности и порядок их использования.
- Вопрос 3. Централизованное снабжение группы предприятий сжатым воздухом.
- Вопрос 4. Характеристика внешней сети с противодействием.
- Вопрос 5. Законы пропорциональности турбомашин при изменении диаметров колеса и частотах его вращения
- Вопрос 6. Компоновка оборудования на компрессорных станциях.
- Вопрос 7. Характеристика внешней сети без противодействия.
- Вопрос 8. Общее устройство компрессионной станции
- Вопрос 9. Необходимость влагоотделения из системы трубопроводов сжатого воздуха

Вопрос 10. Классификация нагнетателей, используемых в промышленности.

Вопрос 11. Индикаторная диаграмма поршневого компрессора P-V и T-S.

Вопрос 12. Принципы работы и конструкции используемых маслоразделителей.

Вопрос 13. Конструкция и принцип действия осевой турбомашин.

Вопрос 14. Влияние вредного пространства на вид индикаторной программы.

Вопрос 15. Конструкция и назначение воздухоотделителя.

Вопрос 16. Конструкция и принцип действия центробежной турбомашин.

Вопрос 17. Индикаторная диаграмма поршневого компрессора при двухступенчатом сжатии P-V и T-S.

Вопрос 18. Характеристика всасывающего тракта.

Вопрос 19. Основное уравнение турбомашин.

Вопрос 20. Предельные степени сжатия поршневого компрессора из-за наличия вредного пространства.

Вопрос 21. Назначение и конструкции фильтрующих устройств.

Вопрос 22. Теоретическая производительность турбомашин.

Вопрос 23. Температурные пределы сжатия поршневого компрессора.

Вопрос 24. Требования, предъявляемые к фильтрам.

Вопрос 25. Напорная характеристика турбомашин.

Вопрос 26. Необходимость регулирования поршневых компрессоров.

Вопрос 27. Сопротивления всасывающего тракта компрессора.

Вопрос 28. Влияние угла на вид напорной характеристики.

Вопрос 29. Регулирование поршневых компрессоров отжатием всасывающих клапанов.

Вопрос 33. Использование механического и динамического наддува для увеличения производительности компрессора.

Вопрос 34. Определение действительной характеристики турбомашин.

Вопрос 35. Регулирование поршневых компрессоров подсоединением дополнительных объемов вредного пространства.

Вопрос 36. Способы реализации динамического наддува поршневых компрессоров.

Вопрос 37. Эксплуатационные характеристики турбомашин.

Вопрос 38. Определение количества воды необходимого для охлаждения компрессора.

Вопрос 39. Типы компрессоров, используемых в промышленности.

Вопрос 40. Определение режима работы турбомашин на сеть.

Вопрос 41. Разомкнутая и замкнутая системы водоснабжения КС.

Вопрос 42. Привод компрессорных агрегатов.

Вопрос 43. Необходимость и целесообразность совместной работы турбомашин на сеть.

Вопрос 44. Принципиальная схема реализации охлаждения компрессорных станций.

Вопрос 45. Определение высоты всасывания насоса.

- Вопрос 46. Совместная последовательная работа турбомашин.
- Вопрос 47. Упрощенная система охлаждения компрессорных станций.
- Вопрос 48. Кавитация. Мероприятия по ее устранению.
- Вопрос 49. Совместная параллельная работа турбомашин.
- Вопрос 50. Особенности перспективных систем водоснабжения КС.
- Вопрос 51. Причины появления осевого усилия в лопастных насосах.
- Вопрос 52. Безразмерные характеристики турбомашин - безразмерный коэффициент напора.
- Вопрос 53. Использование теплоты воды, охлаждающей компрессоры.
- Вопрос 54. Способы устранения осевого усилия в насосах.
- Вопрос 55. Безразмерные характеристики турбомашин. Безразмерный коэффициент производительности.
- Вопрос 56. Необходимость и особенности регулирования работы центробежных компрессоров.
- Вопрос 57. Правила пуска насоса в работу.
- Вопрос 58. Общий вид безразмерных характеристик при работе на сеть.
- Вопрос 59. Обеспечение  $Q=\text{const}$  у ЦК путем воздействия на характеристику сети.
- Вопрос 60. Способы заливки насоса.
- Вопрос 61. Законы пропорциональности турбомашин.
- Вопрос 62. Обеспечение  $P=\text{const}$  у ЦК путем воздействия на характеристику сети.
- Вопрос 63. Типы насосных агрегатов.
- Вопрос 64. Характеристика ГТУ.
- Вопрос 65. Напорная характеристика турбомашин.
- Вопрос 66. Предельные степени сжатия поршневого компрессора из-за наличия вредного пространства.
- Вопрос 67. Индикаторная диаграмма поршневого компрессора при двухступенчатом сжатии в P-V и T-S.
- Вопрос 68. Определение высоты всасывания насоса.
- Вопрос 69. Характеристика внешней сети с противодействием.
- Вопрос 70. Определение режима работы турбомашин на сеть.
- Вопрос 71. Принципы работы и конструкции используемых масловодоотделителей.
- Вопрос 72. ГТУ разомкнутого цикла.
- Вопрос 73. Необходимость и целесообразность совместной работы турбомашин на сеть.
- Вопрос 74. Индикаторная диаграмма поршневого компрессора при двухступенчатом сжатии P-V и T-S.
- Вопрос 75. ГТУ с промежуточным подводом теплоты.
- Вопрос 76. Совместная последовательная работа турбомашин.
- Вопрос 77. Конструкция и назначение воздухоборника.
- Вопрос 78. Напорная характеристика турбомашин.
- Вопрос 79. Кривые пропорциональности и порядок их использования.
- Вопрос 80. Необходимость влагоотделения из системы трубопроводов

сжатого воздуха.

Вопрос 81. Кавитация. Мероприятия по ее устранению.

### **7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации**

Зачет с оценкой проводится по тест-билетам, каждый из которых содержит 10 вопросов, 10 стандартных задач и 10 прикладных задач. Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 1 баллом. Максимальное количество набранных баллов – 30.

1. Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал менее 16 баллов.
2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал от 16 до 20 баллов.
3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент набрал от 21 до 25 баллов.

Оценка «Отлично» ставится, если студент набрал от 26 до 30 баллов.

### **7.2.7 Паспорт оценочных материалов**

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Основы теории турбомашин	ПК-1	Тест, зачет, устный опрос
2	Компрессоры	ПК-1	Тест, зачет, устный опрос
3	Насосы	ПК-1	Тест, зачет, устный опрос
4	Вентиляторы	ПК-1	Тест, зачет, устный опрос
5	Газотурбинные установки	ПК-1	Тест, зачет, устный опрос
6	Паротурбинные установки	ПК-1	Тест, зачет, устный опрос

### **7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности**

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методике выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методике выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется, либо при помощи



компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

## **8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)**

### **8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

1. Трухний А.Д. Стационарные паровые турбины / А.Д. Трухний. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Энергоатомиздат, 1989. - 640 с.
2. Вукалович М.П. Таблицы тепло-физических свойств воды и водяного пара / М.П. Вукалович. - Москва: Изд-во стандартов, 1969. - 408 с.
3. Дейч М.Е. Гидрогазодинамика : Учеб. пособие / М.Е. Дейч. - Москва: Энергоатомиздат, 1984. - 384 с.
4. Стерман Л.С. Тепловые и атомные электрические станции: Учеб. пособие / Л.С. Стерман, В.М. Лавыгин, С.Г. Тишин. - 3-е изд., перераб. - М.: Изд-во МЭИ, 2004. - 424 с.
5. Тепловые и атомные электрические станции: справочник . Кн. 3 / под ред. В. А. Григорьева, В. М. Зорина. - 2-е изд., перераб. - М.: Энергоатомиздат, 1989 (Л.: Ленингр. тип. № 2 об-ния "Техн. книга" им. Е. Соколовой, 1989). - 603 с.
6. Рот Л. Паровые турбины: Расчет и конструкция: учеб. пособие для техн. учеб. заведений / Л. Рот. - пер. с нем. В. И. Поликовского ; под ред. и с вступ. ст. В. А. Макеева. - М.; Л.: Госиздат, 1930. - 148 с.
7. Черкасский В.М. Насосы, вентиляторы, компрессоры / В.М. Черкасский. - М.: Энергия, 1984. - 415 с.
8. Гримитлин, А.М. Насосы, вентиляторы, компрессоры в инженерном оборудовании зданий / А.М. Гримитлин. - СПб.: АВОК Северо-Запад, 2006. - 210 с.

### **8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем:**

Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:

<http://www.edu.ru/>

Образовательный портал ВГТУ

Информационные справочные системы:

<http://window.edu.ru>

<https://wiki.cchgeu.ru/>

Современные профессиональные базы данных:  
Сайт теплотехника  
Адрес ресурса: <http://teplokot.ru/>

## 9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Для проведения лекционных занятий необходима аудитория, оснащенная плакатами и пособиями по профилю.

Насосная установка в ауд. 302.

Вентилятор в ауд. 302.

Паровая турбина в ауд. 302.

## 10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

По дисциплине «Нагнетатели и тепловые двигатели» читаются лекции, проводятся практические занятия и лабораторные работы.

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Практические занятия направлены на приобретение практических навыков расчета энергетических машин и установок, подбора основного и вспомогательного оборудования. Занятия проводятся путем решения конкретных задач в аудитории.

Лабораторные работы выполняются на лабораторном оборудовании в соответствии с методиками, приведенными в указаниях к выполнению работ.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Практическое занятие	Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме, выполнение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму.
Лабораторная работа	Лабораторные работы позволяют научиться применять теоретические знания, полученные на лекции при решении конкретных задач. Чтобы наиболее рационально и полно использовать все возможности лабораторных для подготовки к ним необходимо: следует разобрать лекцию по соответствующей теме, ознакомиться с соответствующим

	разделом учебника, проработать дополнительную литературу и источники, решить задачи и выполнить другие письменные задания.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоения учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: <ul style="list-style-type: none"> <li>- работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций;</li> <li>- выполнение домашних заданий и расчетов;</li> <li>- работа над темами для самостоятельного изучения;</li> <li>- участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад;</li> <li>- подготовка к промежуточной аттестации.</li> </ul>
Подготовка к промежуточной аттестации	Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед зачетом с оценкой, экзаменом, зачетом с оценкой, экзаменом, зачетом с оценкой, экзаменом три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.

## ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

№ п/п	Перечень вносимых изменений	Дата внесения изменений	Подпись заведующего кафедрой, ответственной за реализацию ОПОП
----------	-----------------------------	----------------------------	--