



Программу составил(и):

*к.т.н., доцент, Антонов В.Н.*

Рабочая программа

**Нагнетатели и тепловые двигатели**

Разработана в соответствии с ОС ВО:

Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт высшего образования Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» по направлению подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника (уровень бакалавриата) (приказ от 05.03.2020 г. № № 95 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

Направление подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника Профиль. Промышленная теплоэнергетика, 13.03.01\_18\_Теплоэнергетика и теплотехника\_ПрПТЭ\_заоч\_2020.plx , утвержденного Ученым советом ФГАОУ ВО НИТУ "МИСиС" в составе соответствующей ОПОП ВО 21.05.2020, протокол № 10/зг

Утверждена в составе ОПОП ВО:

Направление подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника Профиль. Промышленная теплоэнергетика, , утвержденной Ученым советом ФГАОУ ВО НИТУ "МИСиС" 21.05.2020, протокол № 10/зг

Рабочая программа одобрена на заседании

**Кафедра электроэнергетики и электротехники (Новотроицкий филиал)**

Протокол от 09.06.2022 г., №6

Руководитель подразделения к.п.н., доцент Мажирин Р.Е.

### 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ

1.1	Цель изучения дисциплины: овладение основами и принципами действия компрессоров различных типов, насосов, вентиляторов, паровых и газовых турбин, детандеров, используемых в энергетическом хозяйстве промышленных предприятий, методами их расчета и конструирования, характерными режимами и технико-экономическими показателями их работы.
1.2	Задачи дисциплины: привитие навыков выбора тепловых двигателей и нагнетателей для предприятий теплоэнергетики; познакомить обучающихся с проблемой принудительного перемещения рабочих тел в тепловых сетях; дать информацию о потенциальных возможностях тепловых двигателей и нагнетателей конструкциях и режимах работы; научить принимать и обосновывать конкретные технические решения на основе мирового и отечественного опыта эксплуатации оборудования.

### 2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Блок ОП:		Б1.В
<b>2.1</b>	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>	
2.1.1	Начертательная геометрия и инженерная графика	
2.1.2	Прикладная механика	
2.1.3	Учебная практика по получению первичных профессиональных умений	
2.1.4	Физико-химические свойства воды	
2.1.5	Химия топлива	
2.1.6	Электротехника	
2.1.7	Информатика	
<b>2.2</b>	<b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>	
2.2.1	Вторичные энергоресурсы промышленных предприятий	
2.2.2	Высокотемпературные теплотехнологические процессы и установки	
2.2.3	Конструкции и тепловая работа промышленных печей	
2.2.4	Котельные установки и парогенераторы	
2.2.5	Котлы-утилизаторы	
2.2.6	Тепломассообменное оборудование предприятий	
2.2.7	Технологические энергоносители предприятий	
2.2.8	Электроснабжение и оборудование промышленных предприятий	
2.2.9	Энергоаудит на промышленных предприятиях и в коммунальном хозяйстве	
2.2.10	Альтернативная энергетика	
2.2.11	Безопасность жизнедеятельности	
2.2.12	Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии	
2.2.13	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.14	Преддипломная практика	
2.2.15	Тепловые электрические станции	
2.2.16	Теплоэнергетические системы промышленных предприятий	

### 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ

<b>УК-3: проектирование и разработка</b>
<b>Знать:</b>
УК-3-31 место и роль нагнетателей и тепловых двигателей в системах теплоснабжения
<b>ПК-3: производственно-технологическая (в области теплоэнергетики и теплотехники)</b>
<b>Знать:</b>
ПК-3-31 эксплуатационные расчеты типовых нагнетателей и тепловых двигателей
<b>ПК-1: проектно-конструкторская (в области теплоэнергетики и теплотехники)</b>
<b>Знать:</b>
ПК-1-31 физические основы процессов протекающих в нагнетателях и тепловых двигателях, методы оценки эффективности данных процессов, направления повышения эффективности
<b>УК-3: проектирование и разработка</b>

<b>Уметь:</b>
УК-3-У1 выбирать нагнетатель или тепловой двигатель для заданной теплоэнергетической установки
<b>ПК-3: производственно-технологическая (в области теплоэнергетики и теплотехники)</b>
<b>Уметь:</b>
ПК-3-У1 определять параметры и основные характеристики нагнетателей и тепловых двигателей по стандартным методикам
<b>ПК-1: проектно-конструкторская (в области теплоэнергетики и теплотехники)</b>
<b>Уметь:</b>
ПК-1-У1 выполнять тепловой и конструкторский расчеты турбины и ее элементов, а также вспомогательного оборудования
<b>УК-3: проектирование и разработка</b>
<b>Владеть:</b>
УК-3-В1 проведением расчетов по типовым методикам и проектированию отдельных деталей и узлов с использованием стандартных средств автоматизации проектирования
<b>ПК-3: производственно-технологическая (в области теплоэнергетики и теплотехники)</b>
<b>Владеть:</b>
ПК-3-В1 оценением протекающих процессов в нагнетателях и анализом ситуаций
<b>ПК-1: проектно-конструкторская (в области теплоэнергетики и теплотехники)</b>
<b>Владеть:</b>
ПК-1-В1 проведением предварительного технико-экономического обоснования проектных решений по стандартным методикам

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Формируемые индикаторы компетенций	Литература и эл. ресурсы	Примечание	КМ	Выполняемые работы
	<b>Раздел 1. Тепловые двигатели</b>							
1.1	Классификация нагнетателей и тепловых двигателей. Паровые турбины. Газовые турбины. Термодинамические циклы: цикл Карно, цикл Ренкина, регенеративный цикл, теплофикационный цикл. Термодинамические циклы: цикл с подводом теплоты при постоянном давлении, цикл с подводом теплоты при постоянном объеме, цикл с регенерацией теплоты. Термодинамический цикл Отто. Устройство двигателя внутреннего сгорания с внешним смесеобразованием. /Лек/	3	6	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1 УК-3-31 УК-3-У1 УК-3-В1	Л1.5Л2.1 Л2.3 Л2.4 Э1		КМ1	Р1
1.2	Расчет паровых и газовых турбин. /Пр/	3	4	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1 УК-3-31 УК-3-У1 УК-3-В1	Л1.5Л2.1 Л2.4 Э1		КМ1	Р1

1.3	Область применения тепловых двигателей. Двигатели внутреннего сгорания. Материалы, используемые для изготовления деталей двигателя. Двигатели с внутренним и смешанным смесеобразованием. Термодинамические циклы Дизеля и Сабатэ-Тринклера. Совместное использование с котлами-утилизаторами. /Ср/	3	60	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1 УК-3-31 УК-3-У1 УК-3-В1	Л1.5Л2.1 Л2.4 Э1		КМ1	Р1
<b>Раздел 2. Нагнетатели</b>								
2.1	Нагнетатели. Основные сведения о нагнетателях, классификация нагнетателей. Основные параметры и характеристики нагнетателей. Насосная установка. Принципиальная схема насосной установки. Назначение оборудования насосной установки. Принцип устройства и работы центробежного насоса. Классификация, достоинства и недостатки, область применения. Поршневой насос простого и двойного действия. Классификация, достоинства и недостатки, область применения. Шестеренчатый насос. Классификация, достоинства и недостатки, область применения. /Лек/	3	2	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1 УК-3-31 УК-3-У1 УК-3-В1	Л1.2 Л1.3 Л1.5Л2.1 Э1		КМ1	Р1
2.2	Параллельное и последовательное соединение насосных агрегатов. Расчет поршневых насосов. /Пр/	3	2	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1 УК-3-31 УК-3-У1 УК-3-В1	Л1.2 Л1.3Л2.1 Э1		КМ1	Р1

2.3	<p>Назначение и практическое использование двух видов соединения насосных агрегатов. Явления кавитации центробежных насосов. Материалы, устойчивые к кавитации. Особенности определения параметров работы расчетным способом. Обозначение. Шестеренчатый насос. Особенности определения параметров работы расчетным способом. Особенности определения параметров работы насосов расчетным способом. Аксиально- и радиально-поршневые насосы. Классификация, достоинства и недостатки, область применения. Плунжерные насосы высокого давления. Принцип работы, регулировка подачи. Аксиально- и радиально-поршневые плунжерные насосы. Основные узлы и технологическая компоновка.</p> <p>/Ср/</p>	3	47	<p>ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1 УК-3-31 УК-3-У1 УК-3-В1</p>	<p>Л1.2 Л1.3Л2.1 Э1</p>		КМ1	Р1
<b>Раздел 3. Вентиляторы и дымососы</b>								
3.1	<p>Принцип работы вентиляторов различного типа, достоинства и недостатки. Способ регулирования напора и тягового усилия. Область применения вентиляторов, нагнетателей и дымососов. /Лек/</p>	3	4	<p>ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1 УК-3-31 УК-3-У1 УК-3-В1</p>	<p>Л1.1Л2.1 Э1</p>		КМ1	Р1
3.2	<p>Способы регулирования напора и тягового усилия. /Пр/</p>	3	2	<p>ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1 УК-3-31 УК-3-У1 УК-3-В1</p>	<p>Л1.1Л2.1 Э1</p>		КМ1	
3.3	<p>Исследование характеристик вентилятора /Лаб/</p>	3	4	<p>ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1 УК-3-31 УК-3-У1 УК-3-В1</p>	<p>Л1.1Л2.1 Э1</p>			

3.4	Центробежные и осевые компрессоры; области применения; основные способы изменения характеристики компрессора. Сопоставление показателей и обоснование преимущественных зон применения центробежных и осевых компрессоров. Схемы поршневых компрессоров; нормализованные базы. Принцип работы поршневого детандера; холодопроизводительность, КПД и отводимая мощность поршневого детандера. /Ср/	3	40	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1 УК-3-31 УК-3-У1 УК-3-В1	Л1.1 Л1.4Л2.1 Л2.2 Э1		КМ1	Р1
3.5	Подготовка сдачи экзамена /Экзамен/	3	9	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1 УК-3-31 УК-3-У1 УК-3-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Э1		КМ1	

### 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

#### 5.1. Контрольные мероприятия (контрольная работа, тест, коллоквиум, экзамен и т.п), вопросы для самостоятельной подготовки

Код КМ	Контрольное мероприятие	Проверяемые индикаторы компетенций	Вопросы для подготовки
-----------	-------------------------	------------------------------------	------------------------

КМ1	Экзамен	ПК-1-31;ПК-1-У1;ПК-1-В1;ПК-3-31;ПК-3-У1;ПК-3-В1;УК-3-31;УК-3-У1;УК-3-В1	<p>Вопросы к экзамену</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Назначение и классификация нагнетателей</li> <li>2. Назначение и классификация тепловых двигателей</li> <li>3. Запишите уравнение состояния.</li> <li>4. Уравнение неразрывности потока</li> <li>5. Запишите уравнение изменения количества движения</li> <li>6. Уравнение изменения момента количества движения</li> <li>7. Уравнение сохранения энергии потока</li> <li>8. Число Маха как критерий сжимаемости</li> <li>9. Основные параметры работы нагнетателей</li> <li>10. Уравнения Эйлера</li> <li>11. Влияние конструктивных параметров нагнетателя на его напор.</li> <li>12. Характеристики нагнетателей</li> <li>13. Особенности совместной работы нагнетателей и сети</li> <li>14. Способы регулирования расхода нагнетателей</li> <li>15. Понятие помпажа.</li> <li>16. Особенности параллельного подключения нагнетателей</li> <li>17. Особенности последовательного подключения нагнетателей</li> <li>18. Совместная характеристика параллельно работающих нагнетателей.</li> <li>19. Как осуществляется практический выбор насосов</li> <li>20. Как осуществляется практический выбор вентиляторов</li> <li>21. Схему поршневого компрессора</li> <li>22. Процессы изотермического, политропного и адиабатного сжатия.</li> <li>23. Объясните необходимость многоступенчатого сжатия</li> <li>24. Выбор степени сжатие в многоступенчатом компрессоре</li> <li>25. Способы регулирования расхода поршневого компрессора</li> <li>26. Принцип работы паровых турбин</li> <li>27. Классификация паровых турбин</li> <li>28. Понятие турбинной степени</li> <li>29. Определение турбинной степени активного типа</li> <li>30. Определение турбинной степени реактивного типа</li> <li>31. Приведите схему радиальной турбины и назовите основные ее достоинства и недостатки</li> <li>32. Построение теплового цикла паротурбинной установки в T-S координатах</li> <li>33. Определение термического КПД ПТУ</li> <li>34. Пути повышения эффективности ПТУ</li> <li>35. Абсолютный и относительный КПД паровой турбины</li> <li>36. Нерасчетные режимы сопла Лавала</li> <li>37. Основные геометрические характеристики турбинной степени</li> <li>38. Внешние и внутренние потери в паровых турбинах</li> <li>39. Основные достоинства многоступенчатых паровых турбин</li> <li>40. Тепловой процесс многоступенчатой паровой турбины на I-S диаграмме</li> <li>41. Понятие коэффициента возвращения теплоты</li> <li>42. Понятие лопаточного КПД турбинной степени</li> <li>43. Лопаточный КПД турбинной степени активного типа</li> <li>44. Лопаточный КПД турбинной степени реактивного типа</li> <li>45. Характеристический коэффициент многоступенчатой паровой турбины</li> <li>46. Предельная и единичная мощность паровой турбины</li> <li>47. Пути повышения единичной мощности паровой турбины</li> <li>48. Охарактеризуйте режимы работы паровых турбин</li> <li>49. Переменный режим работы паровых турбин</li> <li>50. Способы регулирования мощности многоступенчатых паровых турбин.</li> <li>51. Типы и характеристики детандеров.</li> <li>52. Конструкции детандеров.</li> </ol>
-----	---------	-------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------



<b>5.2. Перечень работ, выполняемых по дисциплине (Курсовая работа, Курсовой проект, РГР, Реферат, ЛР, ПР и т.п.)</b>			
Код работы	Название работы	Проверяемые индикаторы компетенций	Содержание работы
P1	РГР	ПК-1-31;ПК-1-У1;ПК-1-В1;ПК-3-31;ПК-3-У1;ПК-3-В1;УК-3-31;УК-3-У1;УК-3-В1	Тематика расчетно-графических работ по дисциплине 1. Назначение и классификация нагнетателей, тепловых двигателей. Характеристики нагнетателей и тепловых двигателей. 2. Особенности совместной работы нагнетателей и сети. Способы регулирования расхода нагнетателей. 3. Понятие помпажа. Причины возникновения и способы борьбы с ним. 4. Особенности параллельного и последовательного подключения нагнетателей. Их характеристики. 5. Поршневой компрессор. Принцип действия, схема, индикаторная диаграмма, Особенности работы. 6. Процессы изотермического, политропного и адиабатного сжатия в компрессоре. 7. Многоступенчатое сжатие в компрессоре. 8. Паровые турбины. Принцип работы паровых турбин. Классификация паровых турбин. 9. Турбинная ступень. Преобразование энергии. Степень реактивности. 10. Тепловой процесс многоступенчатой паровой турбины на I-S диаграмме. Построение теплового цикла паротурбинной установки в T-S координатах. 11. Термический КПД ПТУ. Пути повышения эффективности ПТУ. 12. Применение законов термодинамики к описанию процессов в нагнетателе. 13. Двигатели внутреннего сгорания. Классификация, принципы действия, конструктивные особенности. 14. Типы и характеристики детандеров, область применения. Конструкции детандеров.
<b>5.3. Оценочные материалы, используемые для экзамена (описание билетов, тестов и т.п.)</b>			
<p>Экзаменационный билет по дисциплине включает в себя два теоретических вопроса и задачу по темам, изложенным в 4 разделе данной РПД. Билеты хранятся на кафедре и утверждены ее заведующим.</p> <p>Примеры задач на экзамен:</p> <p>1) Два однотипных насоса типа 14НДс, соединенных последовательно, работают на сеть. Гидравлическая характеристика сети описывается уравнением <math>H_c=1250 \cdot Q_2</math>. Характеристика насоса определяется уравнением <math>H_n=47,5+82,2 \cdot Q_2</math>. Как изменятся напор <math>H</math> и расход воды сети <math>Q_c</math>, если один насос откажет в работе?</p> <p>2) Два однотипных насоса типа 12НДс, соединенных параллельно, работают на сеть. Гидравлическая характеристика сети описывается уравнением <math>H_c=405 \cdot Q_2</math>. Характеристика насоса определяется уравнением <math>H_n=75,6+115 \cdot Q_2</math>. Как изменятся напор <math>H</math> и расход воды сети <math>Q_c</math>, если один насос откажет в работе?</p> <p>3) Центробежный насос подает из резервуара воду, нагретую до температуры насыщения. Подача насоса 70 м<sup>3</sup>/ч, частота вращения вала 980 об/мин, изменение напора во всасывающей трубке -0,3 м. Определить наименьшую высоту расположения минимального уровня воды в резервуаре над осью насоса Нгдоп, исключая возникновение кавитационных явлений в насосе. Кавитационный коэффициент быстроходности <math>S=1300</math>.</p> <p>4) Центробежный насос двухстороннего входа типа Д500-65, перекачивает воду при температуре 15оС, имеет следующие характеристики: частота вращения вала 1200 об/мин, напор 50 м, подача 500 м<sup>3</sup>/ч, КПД 0,74. Определить напор <math>H_v</math> подачу <math>Q_v</math> и мощность приводного двигателя <math>N_{эв}</math> при частоте вращения вала 900 об/мин, если температура воды и КПД насоса являются неизменными. Коэффициент запаса мощности электродвигателя 1,11.</p> <p>5) Определить действительное давление <math>P</math> развиваемое колесом осевого вентилятора. Исходные данные: коэффициент расхода <math>K_p=0,42</math>, окружная скорость в среднем сечении колеса 28 м/с, угол входа потока <math>\beta_1=22</math>, угол выхода потока <math>\beta_2=50</math>, средняя плотность воздуха в вентиляторе <math>\rho=1,1</math> кг/м<sup>3</sup>, КПД решетки 0,8.</p> <p>6) В одноступенчатом водоохлаждаемом компрессоре с массовой подачей <math>M=0,2</math> кг/с, давление воздуха</p>			

повышается с  $P_1=0,2$  МПа до  $P_2=0,6$  МПа, начальная температура воздуха  $t=20$  оС, показатель политропы сжатия 1,2. Насколько уменьшится работа сжатия  $L$ , если оно будет происходить в двухступенчатом компрессоре ( $z=2$ ) по политропе с прежним показателем  $n$  при одинаковой работе сжатия в каждой ступени, причем охлаждение воздуха в промежуточном охладителе производится до начальной температуры? Перепадом давлений в охладителе можно, пренебречь.

7) Определите средний диаметр  $d$  первой ступени и количество ступеней  $z$  осевого компрессора для сжатия воздуха при следующих исходных данных: средняя окружная скорость лопатки  $u=210$  м/с, коэффициент напора  $k_H=0,97$ , частота вращения вала  $n=6500$  мин<sup>-1</sup>, начальное давление воздуха  $p_1=0,1$  МПа, начальная температура его  $t_1=20$ °С, конечное давление  $p_2=0,6$  МПа.

8) Определить теоретическую подачу  $Q_t$  одноступенчатого аммиачного поршневого компрессора при следующих исходных данных: действительная подача  $Q=60$  м<sup>3</sup>/ч, степень повышения давления  $\epsilon=3$ , относительный объем мертвого пространства  $a=0,02$ , термический коэффициент  $\lambda_t=0,8$ , коэффициент герметичности  $\lambda_g=0,9$  показатель политропы расширения  $n=1,1$ .

9) Определить, теоретическую  $Q_t$  и действительную  $Q$  подачи одноступенчатого роторного пластинчатого компрессора если внутренний диаметр корпуса 0,4 м, длина пластин 400 мм, эксцентриситете 0,016, частота вращения ротора 990 об/мин, коэффициент подачи  $\lambda_0=0,6$ .

#### Компьютерное тестирование

Что такое подача нагнетателя?

отношение объема подаваемой жидкой либо газовой среды при начальных условиях ко времени сила давления, создаваемая лопастями или поршнем насоса, приложенная к тому, чтобы протолкнуть жидкость или газ энергия, которую получает объем жидкости весом в 1 Н при прохождении через нагнетатель избыточное давление, создаваемое нагнетателем

Что такое газодувка?

энергетическая машина или устройство для повышения давления и перемещения газообразных веществ машина, работающая при степени повышения давления  $\epsilon > 1,15$ , но искусственно не охлаждаемая машина, работающая при степени повышения давления  $\epsilon < 1,15$

Какое из перечисленных устройств не относится к нагнетателям?

мельничны вентилятор  
пылевой вентилятор  
лопастной насос  
объемный насос  
пневмомотор

Укажите основные параметры работы нагнетателей?

объемная подача, степень повышения давления, частота вращения вала и потребляемая номинальная мощность подача, напор, вакуумметрическая высота всасывания и частота вращения расход, степень повышения давления, диаметр рабочего колеса, число лопаток КПД, потребляемая мощность, напряжение питающей сети, частота питающего напряжения

Какое из указанных устройств не относится к двигателям внутреннего сгорания?

двигатель Стирлинга  
двигатель Ванкеля  
двигатель Ленуара  
двигатель Отто

Какой процесс сжатия имеет место в реальных компрессорах?

политропный  
монокромный  
адиабатный  
изохорный  
изотермический

Какое их перечисленных устройств является тепловым двигателем?

паровая турбина  
двигатель внутреннего сгорания  
реактивный двигатель  
двигатель Стирлинга  
все перечисленные

Какой процесс сжатия в компрессоре является наименее затратным?

адиабатный  
изохорный  
изотермический  
изобарный  
изоэнтропический

Какое из указанных устройств не относится к двигателям внешнего сгорания?

газовая турбина  
паровая машина  
двигатель Стирлинга

Укажите нагнетатели динамического действия

радиальный, осевой, вихревой  
аксиальнопоршневой, шиберный, зубчатый  
винтовые, осевой, вихревой  
вихревые, дисковые, зубчатый  
радиальнопоршневой, зубчатый, винтовой

Укажите нагнетатели объемного действия.

радиальный, осевой, вихревой  
радиальнопоршневой, зубчатый, вихревой  
вихревой, роторный, мембранный  
шиберный, зубчатый, струйный

На что влияет количество лопастей в рабочем колесе?

чем больше лопастей, тем больше поверхность трения и соответственно больше механические потери  
существенного влияния не оказывает  
чем больше лопастей, тем меньше механические потери

От чего зависит высота всасывания насоса?

от скорости во входном сечении насоса, от потерь во всасывающем трубопроводе  
от расположения насоса относительно уровня поверхности жидкости в резервуаре  
от скорости вращения и формы рабочего колеса  
все ответы верные

Какие потери учитываются механическим КПД насоса?

потери, обусловленные протеканием жидкости через зазоры  
потери, связанные с трением в подшипниках и уплотнениях вала  
потери утечек и потери преодоления гидравлических сопротивлений  
потери на трение жидкости о направляющие ее поверхности лопаток  
все ответы верные

Какие потери учитываются объемным КПД?

Потери (утечки), обусловленные протеканием жидкости (газа) через зазоры между рабочим колесом и корпусом машины из зоны повышенного давления в полость всасывания.

Объемный КПД насоса - это

отношение его действительной подачи к теоретической  
отношение его теоретической подачи к действительной  
разность его теоретической и действительной подачи  
отношение суммы его теоретической и действительной подачи к частоте оборотов

Почему действительный напор, развиваемый колесом, меньше теоретического, определенного по уравнению Эйлера? Это объясняется

действием сил трения и отсутствием осевой симметрии потока  
потерями напора на преодоление гидравлических сопротивлений  
отличием реальных условий работы насоса от идеальных  
наличием гидравлических сопротивлений внутри насоса при положительных подачах  
все ответы верные

Какой из следующих способов регулирования подачи нагнетателя наиболее экономичен?

изменение частоты вращения рабочего колеса  
дросселирование на стороне подачи  
дросселирование на стороне нагнетания  
изменение угла поворота лопаток

Укажите основные преимущества осевых нагнетателей

высокая производительность  
высокий КПД  
компактность  
плавная подача  
все ответы верны

Какие из указанных лопаток обеспечивают максимальную производительность рабочего колеса?

отогнуты вперед  
с радиальным выходом  
отогнутые назад  
прямые  
наклонные

С какой целью используют многоступенчатые нагнетатели?

для повышения расхода  
для повышения напора  
для повышения напора и расхода  
для уменьшения напора

С какой целью нагнетатели устанавливают параллельно?

для резервирования и для обеспечения переменного графика нагрузок  
когда расход перекачиваемой жидкости изменяется в широких пределах  
один нагнетатель расходует много электроэнергии  
все ответы верные

Назовите основные способы предотвращения помпажа

использование противопомпажного клапана  
своевременное обнаружение помпажа путем измерения давления  
сброс рабочей среды  
перепуск с выхода компрессора  
все ответы верные

Как изменится подача насосной установки, если параллельно с работающим насосом включить второй точно такой же насос?

производительность уменьшится  
подача увеличится менее, чем в два раза  
расход уменьшится в два раза  
подача уменьшится в два раза  
расход возрастет в два раза

Что такое кавитация?

гашение большого количества пузырьков  
способ гашения гидравлических ударов  
процесс исключения разрежения газа  
явление, происходящее в неподвижных потоках  
нет верного ответа

Какова область применения шестеренных насосов?

системы смазки двигателей и гидроприводах  
для подачи вязкой жидкости и парафинов  
при невысоком уровне давления (не выше 20 МПа)  
перемещение веществ с низким уровнем пульсации потока  
все ответы верные

Для чего применяют выходной ресивер в компрессорной установке? Для

сброс излишнего сжатого воздуха  
накопления сжатого воздуха  
компенсации вибрации двигателя  
удаления излишков влаги из воздуха  
увеличивает производительность компрессора

Чем объясняется наличие мертвого пространства в цилиндре компрессора? Это пространство, необходимо для

исключения возможности удара поршня в крышку цилиндра  
уменьшения объема газа в единицу времени  
увеличения объема цилиндра  
все ответы верны

Какова достоинства винтовых насосов?

бесшумный  
высокий КПД  
простая конструкция  
самовсасывающий  
все ответы верные

Чем определяется перепад давлений в винтовом насосе?

длиной винта  
диаметром винта  
величины эксцентриситета  
все ответы верные

Какие из указанных насосов обратимы?

шестерёнчатые  
винтовые  
радиальные роторно-поршневые  
гидродвигатель  
все ответы верные

Из каких материалов не изготавливают обойму винтового насоса?

металл  
керамика  
резина  
полимеры

Какое число винтов применяется в винтовых насосах?

только один  
не более трех  
два  
число может быть любым

Что такое коэффициент подачи?

отношение рабочего объема к полному объему цилиндра  
отношение объема мертвого пространства к номинальному объему  
отношение объема мертвого пространства цилиндра компрессора к рабочему объему  
отношение объема газа к температуре, давлению и влажности газа

Как влияет величина мертвого пространства на КПД компрессора?

с увеличением объема мертвого пространства КПД компрессора уменьшается  
не влияет  
с увеличением объема мертвого пространства КПД компрессора увеличивается

Какие типы поршней применяются в крейцкопфных компрессорах?

оппозитные поршни  
тронковые проходные поршни  
только поршни дискового типа  
облегченные поршни  
дифференциальные поршни  
все ответы верные

Что происходит при достижении предела работоспособности роторного насоса?

выдавливание жидкости на контактных поверхностях  
потери гидравлические уменьшаются  
давление резко возрастает

Что такое крейцкопф?

устройство разгрузки поршень от боковых усилий  
ползун, совершающий возвратно-поступательное движение по неподвижным направляющим  
соединитель поршня и шатуна в крейцкопфном кривошипно-шатунном механизме  
все ответы верные

Где в схеме компрессорной установки устанавливается маслоотделитель?

до ресивера  
после ресивера  
не используют вообще

Тепловая машина, в которой жидкое или газообразное рабочее тело движется в замкнутом объёме, разновидность двигателя внешнего сгорания

двигатель Стирлинга  
двигатель Шраге

Для характеристики работы системы регулирования целесообразно пользоваться зависимостью изменения числа оборотов от мощности  $n=f(W)$ , так называемой статической характеристикой регулирования турбины  
обратной связью  
степенью неравномерности  
степенью нечувствительности  
нет правильного ответа

Более чувствительными, чем механические регуляторы, являются регуляторы с гидродинамическими датчиками  
сервомоторы  
автоматический стопорный клапан  
поршень сервомотора  
шток регулирующего клапана

В современных паровых турбинах предусмотрена система защиты:  
от повышения частоты вращения (числа оборотов)  
от понижения давления масла  
от осевого сдвига ротора  
нет правильного ответа

Защита от увеличения числа оборотов прекращает подачу пара в турбину при повышении частоты вращения сверх номинальной на ...

11-12 %  
15-18 %  
3-5 %  
7-8 %  
8-10 %

Коэффициентом возврата теплоты определяет ...  
долю потерь, которая не может быть использована в последующих ступенях турбины  
долю потерь, которая может быть использована в последующих ступенях турбины  
долю потерь, которая снижает КПД ступени  
дополнительные потери  
увеличение теплоперепада

Для предотвращения появления избыточного давления в системе смазки устанавливается специальный ...

автоматический стопорный клапан  
масляный турбонасос  
дроссельный клапан  
предохранительный клапан  
золотниковая втулка

С повышением температуры питательной воды в значительных пределах происходит:

ухудшение тепловой экономичности турбоустановки  
ухудшение тепловой экономичности энергоблока  
уменьшение расхода топлива  
увеличение расхода топлива  
снижение КПД

По цели использования энергетические турбины служат:

для привода электрического генератора, включенного в энергетическую систему, и отпуска теплоты  
для обеспечения паром различных видов технологических процессов в металлургической, химической промышленности, при производстве бумаги, сахара, тканей  
для обеспечения технологического процесса производства электроэнергии, например, для привода питательных насосов, воздуходувок котла и т.д.

Что является рабочим телом в газовых турбинах:

пар  
газ  
продукты сгорания топлива?

К статору турбины относят:

рабочие лопатки  
сопловые лопатки

вал?

К ротору турбины относят:

корпус  
сопловые лопатки  
вал?

Какой тип паровых турбин предназначен для выработки только электрической энергии

конденсационные  
теплофикационные?

Какой из типов турбин рассчитан на работу без конденсатора:

противодавленческий  
конденсационный  
теплофикационный?

Паровая турбина типа ПТ предполагает наличие:

производственного отбора пара  
производственного и теплофикационного отборов пара  
двух теплофикационных отборов пара?

Канал, скорость течения в котором увеличивается при скоростях, меньших скоростях звука, называется

конфузором  
диффузором  
улитка?

По какому циклу работает паросиловая установка с полной конденсацией отработавшего пара:

Ренкина  
КарноДальтона?

Частота вращения паровых турбин на электростанциях России составляет:

2000 об/мин  
3000 об/мин,  
4000 об/мин?

Действительную работу, которую совершает 1 кг пара в турбине называют:

использованным теплоперепадом турбины  
КПД турбины  
мощностью турбины?

Самые высокие тепловые потери в конденсационных турбинах происходят в:

ступенях турбины  
стопорно-регулирующих клапанах  
конденсаторе?

Значение оптимальной влажности пара на выходе из последних ступеней паровых турбин составляет:

1-2%  
10-12%  
50-60%?

Для уменьшения влажности пара на выходе из последних ступеней турбин применяют:

промежуточный перегрев пара  
регенеративный подогрев питательной воды?

Какой из элементов не входит в газотурбинную установку:

конденсатор  
камера сгорания  
компрессор?

Какому процессу соответствует процесс сжатия воздуха в компрессоре ГТУ:

адиабатному  
изобарному  
изотермическому?

Зависит ли мощность паровой турбины от давления в конденсаторе?

да  
нет?

Зависит ли мощность газовой турбины от температуры продуктов сгорания топлива на входе в турбину:

да  
нет?

Что такое сопловая решетка турбинных ступеней:

совокупность направляющих лопаток ступени, установленных в статоре турбины  
совокупность направляющих лопаток ступени, установленных на роторе турбины  
совокупность рабочих лопаток ступени, установленных в статоре турбины

Что такое рабочая решетка турбинных ступеней:

совокупность направляющих лопаток ступени, установленных в статоре турбины  
совокупность направляющих лопаток ступени, установленных на роторе турбины  
совокупность рабочих лопаток ступени, установленных на роторе турбины?

Степень реактивности ступени, равная 0,1 соответствует:

активной ступени  
реактивной ступени  
активно-реактивной ступени?

#### 5.4. Методика оценки освоения дисциплины (модуля, практики. НИР)

Критерии оценивания ответа на экзамене

Оценка «отлично» выставляется, когда обучающийся демонстрирует системные теоретические знания, владеет терминологией, делает аргументированные выводы и обобщения, приводит примеры, показывает свободное владение монологической речью и способность быстро реагировать на уточняющие вопросы.

Оценка «хорошо» выставляется, когда обучающийся демонстрирует прочные теоретические знания, владеет терминологией, делает аргументированные выводы и обобщения, приводит примеры, но при этом делает несущественные ошибки, которые быстро исправляет самостоятельно или при незначительной коррекции преподавателем.

Оценка «удовлетворительно» выставляется, когда обучающийся неглубокие теоретические знания, проявляет слабо сформированные навыки анализа явлений и процессов, недостаточное умение делать аргументированные выводы и приводить примеры, показывает не достаточно свободное владение терминологией, логичностью и последовательностью изложения, делает ошибки, которые может исправить только при коррекции преподавателем.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется, когда обучающийся демонстрирует незнание теоретических основ предмета, не умеет делать аргументированные выводы и приводить примеры, не владеет терминологией, проявляет отсутствие логичности и последовательностью изложения, делает ошибки, которые не может исправить даже при коррекции преподавателем.

Прохождение контрольного мероприятия по сдаче экзамена считается выполненным успешно, если при его оценивании получена оценка не ниже «удовлетворительно».

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

### 6.1. Рекомендуемая литература

#### 6.1.1. Основная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год, эл. адрес
Л1.1	Ухин Б.В.	Гидравлические машины. Насосы, вентиляторы, компрессоры и гидропривод.: учебное пособие		Москва: ИД "ФОРУМ": ИНФРА-М, 2011,
Л1.2	Тихоненков Б.П.	Насосы и насосные станции. Ч. 1. Насосы: учебное пособие		Москва : Альтаир-МГАВТ, 2005, <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=430699">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=430699</a>
Л1.3	Тихоненков Б.П.	Насосы и насосные станции. Ч. 2. Насосные станции: учебное пособие		Москва : Альтаир-МГАВТ, 2005, <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=430700">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=430700</a>
Л1.4	В.Л. Юша, С.С. Бусаров, В.К. Васильев, И.П. Аистов	Теория, расчёт и конструирование поршневых компрессоров : конспект лекций		Омск : Издательство ОмГТУ, 2017, <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=493445">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=493445</a>



	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год, эл. адрес
Л1.5	А.В. Палладий, С.Л. Фосс, М.А. Мизернюк	Газовая динамика в турбокомпрессорах : учебное пособие		Казань : КГТУ, 2010, <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=275818">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=275818</a>

### 6.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год, эл. адрес
Л2.1	В.Д. Галдин, Г.Г. Кустиков, М.А. Таран	Вентиляторы : учебное пособие		Омск : Издательство ОмГТУ, 2016, <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=443133">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=443133</a>
Л2.2	А.Д. Ваняшов, Г.Г. Кустиков	Расчет и конструирование центробежных компрессорных машин : учебное пособие		Омск : Издательство ОмГТУ, 2017, <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=493449">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=493449</a>
Л2.3	Охотников Б.Л.	Эксплуатация двигателей внутреннего сгорания : учебное пособие		Екатеринбург : Издательство Уральского университета, 2014, <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=275818">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=275818</a>
Л2.4	Л.И. Гречух, И.Н. Гречух	Жидкостные ракетные двигатели : учебное пособие		Омск : Издательство ОмГТУ, 2017, <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=493319">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=493319</a>

### 6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Э1	LMS Canvas	<a href="https://lms.misis.ru/">https://lms.misis.ru/</a>
----	------------	-----------------------------------------------------------

### 6.3 Перечень программного обеспечения

П.1	ПО Microsoft Office 2010 Russian Academic OPEN 1 License No Level
П.2	ПО Microsoft Office 2007 Russian Academic OPEN No Level
П.3	Браузер Google Chrome
П.4	ПО Microsoft Teams
П.5	ПО Zoom
П.6	ПО WinDjView 2.0.2
П.7	ПО DjVu Solo 3.1

### 6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных

И.1	window.edu.ru - единое окно доступа к образовательным ресурсам
-----	----------------------------------------------------------------

## 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Ауд.	Назначение	Оснащение
216	Учебная лаборатория	Лаборатория теплотехники и термодинамики 01350012, 1 шт. Лабораторный стенд для изучения принципов преобразования и измерения давления, расхода жидкости, воздуха 04.2.3.0196, 1 шт. Лабораторный стенд для изучения принципов преобразования и измерения давления, расхода жидкости, воздуха 04.2.3.0197, 1 шт. Горелка эжекционная, 1 шт. Компьютер 34753/1, 1 шт.
123	Учебная лаборатория (компьютерный класс) Кабинет курсового и дипломного проектирования, самостоятельной работы обучающихся	Монитор LCD LG21,522 МК430Н-В черный IPS 1920x1080, 13 шт. Системный блок AMD Ryzen5 3600x8Gb 13 шт. Веб-камера Logitech, 1 шт. Проектор Acer X118 DLP 3600Lm, 1 шт. Стол компьютерный, 13 шт. Кресло компьютерное, 13 шт. Маршрутизатор, 1 шт.

## 8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

В процессе изучения дисциплины выделяют два вида самостоятельной работы: аудиторная и внеаудиторная. Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под руководством преподавателя. Внеаудиторная самостоятельная работа - планируемая учебная работа обучающимся, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Самостоятельная работа, не предусмотренная программой учебной дисциплины, раскрывающей и конкретизирующей ее содержание, осуществляется обучающимся инициативно, с целью реализации собственных учебных и научных интересов. Для более эффективного выполнения самостоятельной работы по дисциплине преподаватель рекомендует источники для работы, характеризует наиболее рациональную методику самостоятельной работы, демонстрирует ранее выполненные обучающимися работы и т. п. Виды заданий для внеаудиторной самостоятельной работы, их содержание и характер могут иметь вариативный и дифференцированный характер, учитывать индивидуальные особенности обучающегося. Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов online и на занятиях в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности. Контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы осуществляется в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия по дисциплине на практических, лабораторных занятиях.