



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»



УТВЕРЖДАЮ
Директор ИЭиАС
В.Р. Храмшин

13.02.2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

ПАРОТУРБИННЫЕ УСТАНОВКИ

Направление подготовки (специальность)
13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Направленность (профиль/специализация) программы
Энергообеспечение предприятий

Уровень высшего образования - бакалавриат

Форма обучения
очная

Институт/ факультет	Институт энергетики и автоматизированных систем
Кафедра	Теплотехнических и энергетических систем
Курс	3
Семестр	6

Магнитогорск
2024 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО - бакалавриат по направлению подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника (приказ Минобрнауки России от 28.02.2018 г. № 143)

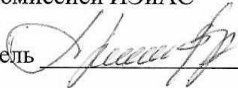
Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
Теплотехнических и энергетических систем

06.02.2024, протокол № 4

Зав. кафедрой  Е.Г. Нешпоренко

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИЭиАС

13.02.2024 г. протокол № 4

Председатель  В.Р. Храмшин

Рабочая программа составлена:

ст. преподаватель кафедры ТиЭС,

 В. Осколков

Рецензент:

Зам. начальника ЦЭСТ ПАО "ММК",

канд. техн. наук

 В.Н. Михайловский

Лист актуализации рабочей программы

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2025 - 2026 учебном году на заседании кафедры Теплотехнических и энергетических систем

Протокол от ____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ Е.Г. Нешпоренко

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2026 - 2027 учебном году на заседании кафедры Теплотехнических и энергетических систем

Протокол от ____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ Е.Г. Нешпоренко

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2027 - 2028 учебном году на заседании кафедры Теплотехнических и энергетических систем

Протокол от ____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ Е.Г. Нешпоренко

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2028 - 2029 учебном году на заседании кафедры Теплотехнических и энергетических систем

Протокол от ____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ Е.Г. Нешпоренко

1 Цели освоения дисциплины (модуля)

Целями освоения дисциплины (модуля) являются:

- изучение законов сохранения и превращения энергии в паротурбинных установках;
- знакомство обучающихся с типовыми конструкциями, принципами работы, современным состоянием, перспективами развития и особенностями эксплуатации паротурбинных установок.

2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина Паротурбинные установки входит в часть учебного плана формируемую участниками образовательных отношений образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения дисциплин/ практик:

Конструкционные материалы промышленной теплоэнергетики

Тепломассообмен

Гидрогазодинамика

Прикладная механика

Техническая термодинамика

Введение в направление

История теплоэнергетики

Математика

Физика

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы для изучения дисциплин/практик:

Производственная-технологическая практика

Системы промышленного теплоснабжения

Теория надежности теплоэнергетических систем

Теплоэнергетические системы промышленных предприятий

Газотурбинные и парогазовые установки

Энергетика теплотехнологий

Курсовая научно-исследовательская работа

Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена

Тепловые электрические станции

Производственная-преддипломная практика

3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения

В результате освоения дисциплины (модуля) «Паротурбинные установки» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции
ПК-1	Способен участвовать в оценке технического состояния, поддержания и восстановления работоспособности тепломеханического оборудования промышленных ТЭС
ПК-1.1	Оценивает уровень технических решений направленных на повышение эффективности работы тепломеханического оборудования
ПК-1.2	Проводит учет и анализ технико-экономических показателей работы тепломеханического оборудования

4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц 144 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 72 акад. часов;
- аудиторная – 68 акад. часов;
- внеаудиторная – 4 акад. часов;
- самостоятельная работа – 36,3 акад. часов;
- в форме практической подготовки – 0 акад. час;
- подготовка к экзамену – 35,7 акад. час

Форма аттестации - экзамен

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа студента	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код компетенции
		Лек.	лаб. зан.	практ. зан.				
1. 1. Раздел. История развития и классификация паровых турбин								
1.1 Тема 1.1. Термо-и гидродинамические основы создания паровых турбин, история развития	6	2			2	Проработка лекционного материала. Приложение 1. П. 6.1 Раздел 1 (1 -6).	Наличие конспектов лекций.	ПК-1.1, ПК-1.2
1.2 Тема 1.2. Классификация паровых турбин. Паротурбинные установки и их термический КПД		2		2	2	Проработка лекционного материала. Приложение 1. П. 6.1 Раздел 1 (7 -10).	Наличие конспектов лекций.	ПК-1.1, ПК-1.2
Итого по разделу		4		2	4			
2. 2. Раздел. Ступени паровых турбин								
2.1 Конструктивные особенности ступеней. Тепловой процесс и характеристики турбинных ступеней.	6	2		2		Поиск дополнительной информации по заданной теме (работа с библиографическим материалами, справочниками, каталогами, словарями, энциклопедиями). Приложение 1. П.6.1 Раздел 2 (1 -3).	Наличие конспектов лекций.	ПК-1.1, ПК-1.2
2.2 Расширение пара в сопловых и направляющих каналах, в косом срезе сопла. Определение расхода пара через сопло.		2		4	2	Проработка лекционного материала. Приложение 1. П. 6.1. Раздел 2 (4-6)	Наличие конспектов лекций.	ПК-1.1, ПК-1.2

2.3 Преобразование энергии потока пара на рабочих лопатках (построение треугольников скоростей)		2		4	2	Проработка лекционного материала. Приложение 1. П. 6.1. Раздел 2 (7-8)	Наличие конспектов лекций.	ПК-1.1, ПК-1.2
Итого по разделу		6		10	4			
3. 3. Раздел. Потери в ступенях турбины. КПД.								
3.1 Внутренние потери в ступенях турбины	6	1		1	1	Проработка лекционного материала. Приложение 1. П. 6.1. Раздел 3 (1-2)	Наличие конспектов лекций.	ПК-1.1, ПК-1.2
3.2 Внешние потери в ступенях турбины. КПД промежуточных ступеней.		1		1	1	Проработка лекционного материала. Приложение 1. П. 6.1. Раздел 3 (3-5)	Наличие конспектов лекций.	ПК-1.1, ПК-1.2
3.3 Определение размеров лопаток турбин		1		1	1	Проработка лекционного материала. Приложение 1. П. 6.1. Раздел 3 (6-7)	Наличие конспектов лекций.	ПК-1.1, ПК-1.2
Итого по разделу		3		3	3			
4. 4. Раздел. Многоступенчатые паровые								
4.1 Тепловой процесс многоступенчатой турбины. Коэффициент возврата теплоты. Предельные и единичные мощности турбин, схемы канализации пара.	6	2		2	2	Проработка лекционного материала. Приложение 1. П. 6.1 Раздел 4 (1 -4).	Наличие конспектов лекций.	ПК-1.1, ПК-1.2
4.2 Турбины с отбором пара для регенерации. Основы проектирования турбины и профилирования длинных лопаток		2		4	2	Проработка лекционного материала. Приложение 1. П. 6.1 Раздел 4 (5 -6).	Наличие конспектов лекций.	ПК-1.1, ПК-1.2
Итого по разделу		4		6	4			
5. 5. Раздел. Режимы работы паровых турбин								
5.1 Конденсационные турбины с регулируемыми отборами пара. Турбины с противодавлением и регулируемыми отборами	6	2		2	2	Проработка лекционного материала. Приложение 1. П. 6.1 Раздел 5 (1 -3).	Наличие конспектов лекций.	ПК-1.1, ПК-1.2
5.2 Парораспределение паровых турбин с регулируемыми отборами пара. Давление и расход пара в ступенях турбин при переменном режиме		2		2	2	Проработка лекционного материала. Приложение 1. П. 6.1 Раздел 5 (4 -6).	Наличие конспектов лекций.	ПК-1.1, ПК-1.2
Итого по разделу		4		4	4			
6. 6. Раздел. Регулирование. Защита и маслоснабжение турбин								

6.1 Параллельная работа турбин. способы регулирования работы.	6	2		1	2	Проработка лекционного материала. Приложение 1. П. 6.1 Раздел 6 (1 -4).	Наличие конспектов лекций.	ПК-1.1, ПК-1.2
6.2 Системы защиты турбин от повышения числа оборотов и разгона. Схемы маслоснабжения турбин		2		1	2	Проработка лекционного материала. Приложение 1. П. 6.1 Раздел 6 (5 -9).	Наличие конспектов лекций.	ПК-1.1, ПК-1.2
Итого по разделу		4		2	4			
7. 7. Раздел. Конструкции и элементы паровых турбин								
7.1 Турбины для комбинированной выработки теплоты и электрической энергии.	6	3		4	4,3	Проработка лекционного материала. Приложение 1. П. 6.1 Раздел 7 (1 -2).	Наличие конспектов лекций.	ПК-1.1, ПК-1.2
7.2 Турбины с противодавлением. Обобщенные характеристики турбинных решеток		2		2	4	Проработка лекционного материала. Приложение 1. П. 6.1 Раздел 7 (3 -4).	Наличие конспектов лекций.	ПК-1.1, ПК-1.2
7.3 Турбины питательных насосов и воздухоподогревателей котлов		1			2	Проработка лекционного материала. Приложение 1. П. 6.1 Раздел 7 (5 -6).	Наличие конспектов лекций.	ПК-1.1, ПК-1.2
Итого по разделу		6		6	10,3			
8. 8. Раздел. Конденсационные устройства паровых турбин								
8.1 Конденсационные устройства паровых турбин. Элементы конструкции конденсатора. Конструкции конденсаторов поверхностного типа.	6	3		1	3	Проработка лекционного материала. Приложение 1. П. 6.1 Раздел 8 (1 -11). Задачи п. 6.2.	Наличие конспектов лекций, наличие решенных задач.	ПК-1.1, ПК-1.2
Итого по разделу		3		1	3			
Итого за семестр		34		34	36,3		экзамен	
Итого по дисциплине		34		34	36,3		экзамен	

5 Образовательные технологии

Для решения предусмотренных видов учебной работы при изучении дисциплины в качестве образовательных технологий используются как традиционные, так и модульно - компетентностные технологии. Лекционный материал закрепляется на практических работах, где применяется совместная деятельность обучающихся в группе, направленная на решение общей задачи путем сложения результатов индивидуальной работы членов группы. Для развития и совершенствования коммуникативных способностей студентов организуются практические занятия в виде дискуссий, анализа реальных проблемных ситуаций и междисциплинарных связей из различных областей в контексте решаемой задачи. Самостоятельная работа стимулирует студентов к самостоятельной проработке тем в процессе подготовки к дискуссиям, к контрольным работам и тестированию.

Реализация компетентностного подхода предусматривает использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий (компьютерных симуляций, деловых и ролевых игр, разбор конкретных ситуаций, психологические и иные тренинги) в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся.

Для решения предусмотренных видов учебной работы при изучении дисциплины «Паротурбинные установки» в качестве образовательных технологий используются как традиционные, так и модульно - компетентностные технологии:

1. Информационные технологии – обучение в электронной образовательной среде с целью расширения доступа к образовательным ресурсам, для чего при проведении отдельных занятий и организации самостоятельной работы студентов используются электронные версии курса лекций и расчетно-графической работы.

2. Работа в команде – совместная деятельность студентов в группе при расчетах на практических и лабораторных занятиях, направленная на решение общей задачи путем сложения результатов индивидуальной работы членов группы.

3. Case-study - анализ реальных проблемных ситуаций, имевших место в соответствующей области профессиональной деятельности, и поиск вариантов лучших решений.

4. Междисциплинарное обучение – использование знаний из разных областей и их группировка в контексте решаемой задачи.

6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Представлено в приложении 1.

7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

Представлены в приложении 2.

8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

а) Основная литература:

1. Тепловые двигатели и нагнетатели : учебное пособие / В. В. Черниченко, В. И. Лукьяненко, П. А. Солженикин, А. В. Исанова. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2021. - 172 с. - ISBN 978-5-9729-0589-8. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1836528> .

2. Костюк, А. Г. Паровые турбины и газотурбинные установки для электростанций : учебник для вузов / А. Г. Костюк, А. Е. Булкин, А. Д. Трухний - Москва : Издательский дом МЭИ, 2019. - ISBN 978-5-383-01400-4. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383014004.html>

б) Дополнительная литература:

1. Ляшков, В. И. Нагнетатели, тепловые двигатели и термотрансформаторы в системах энергообеспечения предприятий : учебное пособие / В.И. Ляшков. — Москва : ИНФРА-М, 2021. — 218 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). — DOI 10.12737/22122. - ISBN 978-5-16-012314-1. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1221062>

2. Шапошников, В. В. Турбины тепловых и атомных электрических станций : учебное пособие / В. В. Шапошников. — Краснодар : КубГТУ, 2019. — 191 с. — ISBN 978-5-8333-0872-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/151182>

в) Методические указания:

1. Морозов А.П. Тепловые двигатели и нагнетатели. Паровые турбины: учебное пособие. Магнитогорск: МГТУ, 2011. 150 с.

г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:**Программное обеспечение**

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
MS Office 2007 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
7Zip	свободно распространяемое	бессрочно
Adobe Reader	свободно распространяемое	бессрочно
Браузер Mozilla Firefox	свободно распространяемое ПО	бессрочно
Браузер Yandex	свободно распространяемое	бессрочно
Calculate Linux Desktop Xfce	свободно распространяемое ПО	бессрочно
FAR Manager	свободно распространяемое	бессрочно
Linux Calculate	свободно распространяемое	бессрочно

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Название курса	Ссылка
база данных патентного поиска - база данных Orbit Premium edition	https://www.orbit.com/
Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И. Носова	https://host.megaprolib.net/MP0109/Web
Российская Государственная библиотека. Каталоги	https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт промышленной собственности»	URL: http://www1.fips.ru/
Поисковая система Академия Google (Google Scholar)	URL: https://scholar.google.ru/
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)	URL: https://elibrary.ru/project_risc.asp
Электронная база периодических изданий East View Information Services, ООО «ИВИС»	https://dlib.eastview.com/

9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа:

- доска, мел.

Учебные аудитории для проведения практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации: - доска, мел, лаборатория топлива и химводоподготовки:

- микроскоп; плакаты, каталоги и атласы по темам практических занятий «Конструкции паровых турбин».

Учебные аудитории для самостоятельной работы обучающихся:

- персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета

Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования:

- стеллажи, сейфы для хранения учебного оборудования, инструменты для ремонта лабораторного оборудования.

6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.**6.1. Темы к лекционным разделам****Раздел 1**

1. Термодинамические основы создания паровых турбин;
2. Гидродинамические основы создания паровых турбин;
3. КПД паротурбинных установок, его расчет;
4. Классификация паровых турбин (историческая);
5. Классификация паровых турбин (термодинамическая).
6. В каких областях техники используются паровые турбины и какие они имеют преимущества, по сравнению с другими тепловыми двигателями?
7. В чем принципиальное различие турбин активного и реактивного типа?
8. Кто является изобретателем основных типов паровых турбин?
9. Что представляет собой паротурбинный агрегат?
10. В чем преимущества регенеративного цикла Ренкина (по КПД и экономичности)?

Раздел 2

1. Приведите закономерности расширения пара в суживающихся и расширяющихся соплах.
2. Каковы особенности расширения пара в косом срезе сопла?
3. Опишите суживающиеся и расширяющиеся сопла с косым срезом и процесс расширения в них пара в $h-s$ -диаграмме.
4. Как определяется расход пара через сопло?
5. Опишите турбины с реактивностью на рабочих лопатках и их тепловой процесс в $h-s$ -диаграмме.
6. Какие требования предъявляются к конструкции проточной части турбин с реактивностью на рабочих лопатках?
7. Опишите реактивные турбины, особенности их конструкций и тепловой процесс на ее ступенях.
8. Приведите алгоритм построения треугольников скоростей.

Раздел 3

1. Как определяются внутренние потери и наносятся на $h-S$ – диаграмму процесса расширения пара?
2. Что такое относительный лопаточный КПД ступени?
3. Что такое относительный внутренний КПД ступени?
4. Из каких уравнений определяются размеры сопел и лопаток?
5. Какие внешние потери бывают в паровых турбинах?
6. Какие внутренние потери бывают в паровых турбинах?

Раздел 4

1. Как строится тепловой процесс многоступенчатой турбины в $h-S$ диаграмме?
2. Что такое коэффициент возврата теплоты?
3. Предельные мощности турбины и обоснования их конструктивного выполнения.
4. С какой целью используются схемы канализации пара?
5. Опишите принципиальную тепловую схему турбоустановки с регенеративными отборами пара и деаэратором, и изобразите ее тепловой процесс в $h-s$ -диаграмме.

Раздел 5

1. В чем преимущество турбин с отборами пара на регенерацию?
2. Привести схему и алгоритм расчета ПТУ с регулируемым отбором пара.
3. Привести схему и алгоритм расчета ПТУ с противодавлением.
4. Какие применяются схемы парораспределения, их преимущества и недостатки?
5. Как распределяются давление и расход пара в ступенях турбины при переменном режиме работы?
6. Как изменяется давление пара в ступенях турбины при уменьшении расхода пара через нее?

Раздел 6

1. Какие схемы регулирования применяются в турбинах? Их назначение?
2. Как осуществляется регулирование мощности турбин?
3. Что такое синхронизатор и для чего он используется?
4. Как строится статическая характеристика регулирования и ее показатели?
5. Что такое осевое давление в реактивной турбине? Способы уравнивания осевого давления.
6. Какое значение имеют защитные устройства, применяемые в паровых турбинах.
7. Какие схемы автоматической защиты используются на турбинах?
8. В чем заключаются особенности параллельной работы турбин?
9. Для чего применяется система маслоснабжения турбин?

Раздел 7

1. Перечислите турбостроительные заводы России, изготавливающие стационарные тепловые турбины.
2. Расшифруйте обозначение турбины ПТ-60/80-12,8/1,3-2.
3. Приведите алгоритм выбора паровой турбины.
4. Для чего применяются турбины с противодавлением?
5. В чем отличие турбин насосов и воздуходувок от теплофикационных турбин?

Раздел 8

1. Каково назначение и состав конденсационной установки?
2. Опишите конструкцию и принципиальные схемы конденсационных устройств.
3. Какие типы конденсаторов вам известны? Дайте их краткую характеристику.
4. От чего зависит давление в конденсаторе?
5. Привести особенности конструкций конденсаторов.
6. Какое значение имеют анкерные распорные связи в конденсаторах поверхностного типа?
7. Укажите способы крепления конденсаторных трубок. Какими средствами добиваются их безупречной плотности?
8. Почему охлаждающие трубки в конденсаторах, в пределах пучка, располагаются по определенному способу и для чего это делается?
9. Опишите конденсаторы с встроенными теплофикационными пучками и принцип их работы.
10. Какие расчеты выполняются при проектировании конденсаторов?
11. Как и с помощью чего создается разрежение в паровом пространстве конденсатора?

6.2. Примеры задач для контрольных работ

Задача 1. В паропроводе перед турбиной протекает пар с давлением 3,4 МПа и температурой 350 °С. Какой пар по состоянию протекает по паропроводу?

Задача 2. Определить состояние пара в конце процесса расширения, располагаемый и использованный теплоперепады турбины, если параметры пара $p_o = 10$ МПа, $t_o = 510$ °С, $p_k = 5$ кПа и $\eta_{oi} = 0,85$. Определить термический КПД турбоустановки.

7 Оценочные средства проведения промежуточной аттестации (экзамена)

а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:

<i>Код индикатора</i>	<i>Индикатор достижения компетенции</i>	<i>Оценочные средства</i>
ПК-1 – Способен участвовать в оценке технического состояния, поддержания и восстановления работоспособности тепломеханического оборудования промышленных ТЭС		
ПК-1.1	Оценивает уровень технических решений направленных на повышение эффективности работы тепломеханического оборудования	<i>Перечень вопросов к экзамену</i> 1. Классификация паровых турбин. 2. Схемы, циклы и термический КПД паротурбинных установок. 3. Особенности расширения пара в соплах паровых турбин. 4. Особенности расширения пара в косом срезе сопла. 5. Определение расхода пара через сопло. 6. Закономерности преобразования энергии парового потока на рабочих лопатках. 7. Потери в клапанах, соплах и на рабочих лопатках паровой турбины. 8. Потери с выходной скоростью, на трение дисков, вентиляцию и выколачивание. 9. Потери через внутренние зазоры, от влажности пара и в выпускном патрубке. 10. Внутренние и внешние потери, КПД промежуточной ступени турбины. 11. Определение размеров сопел и лопаток турбины. 12. Особенности профилирования длинных лопаток. 13. Тепловой процесс в многоступенчатой турбине. 14. Тепловые схемы канализации пара и их применение. 15. Особенности проектирования паровых турбин. 16. Режимы работы паровых турбин. 17. Параметры в ступенях турбин при переменном режиме. 18. Регулирование паровых турбин (центробежный регулятор, синхронизатор). 19. Статические характеристики регулирования паровых турбин.

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		20. Особенности параллельной работы паровых турбин.
ПК-1.2	Проводит учет и анализ технико-экономических показателей работы тепломеханического оборудования	<i>Перечень практических задач</i> Задача 1. Определить удельный расход условного топлива в г/(кВт·ч) при КПД энергоблока, равном 38 %. Задача 2. Определить основные размеры проточной части промежуточной ступени турбины и построить для нее треугольники скоростей по следующим данным: $p_0 = 4$ МПа; $t_0 = 410$ °С; $p_2 = 3,37$ МПа; $c_0 = 40$ м/с; расход пара через ступень $G = 100$ кг/с; частота вращения $n = 50$ Гц. Задача 3. Найти предельную мощность однопоточной турбины конденсационного типа без отборов пара на регенерацию по следующим данным: $p_0 = 9,0$ МПа; $T_0 = 808$ К; $p_2 = 0,004$ МПа и $n = 3000$ об/мин. Принимаем $u = 330$ м/с; $\xi_b = 2,5$ %; $\vartheta = 2,8$; $\eta_{oi} = 0,82$; $\eta_m = 0,99$; $\eta_r = 0,98$. Из i-S-диаграммы находим $H_0 = 1429$ кДж/кг и $v_2 = 31,0$ м³/кг. Предельная мощность турбины по (79) $N_{э,пр} \approx 48$ МВт.

б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания.

Экзамен по дисциплине проходит в устной форме по билетам. Процедуру экзамена регламентирует документ СМК МГТУ им. Г.И. Носова. Возможна автоматическая аттестация по дисциплине на основе результатов олимпиад или творческих конкурсов связанных с тематикой изучаемой дисциплины. Решение об автоматической аттестации принимается на заседании кафедры по представлению претендентов и аргументации ведущим преподавателем дисциплины.

Показатели и критерии оценивания экзамена:

- на оценку «**отлично**» (5 баллов) – обучающийся демонстрирует высокий уровень сформированности компетенций, всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, свободно выполняет практические задания, свободно оперирует знаниями, умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.
- на оценку «**хорошо**» (4 балла) – обучающийся демонстрирует средний уровень сформированности компетенций: основные знания, умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
- на оценку «**удовлетворительно**» (3 балла) – обучающийся демонстрирует пороговый уровень сформированности компетенций: в ходе контрольных мероприятий допускаются ошибки, проявляется отсутствие отдельных знаний, умений, навыков, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.
- на оценку «**неудовлетворительно**» (2 балла) – обучающийся демонстрирует знания не более 20% теоретического материала, допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

– на оценку **«неудовлетворительно»** (1 балл) – обучающийся не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.