

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ**  
Турбомашины атомных станций

**Код модуля**  
1156182(1)

**Модуль**  
Тепломеханическое оборудование АЭС

**Екатеринбург**

Оценочные материалы составлены автором(ами):

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия, имя, отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Целищев Максим Федорович	кандидат технических наук, без ученого звания	Доцент	турбин и двигателей

**Согласовано:**

Управление образовательных программ

Ю.Д. Маева

**Авторы:**

- Целищев Максим Федорович, Доцент, турбин и двигателей

## 1. СТРУКТУРА И ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ Турбомашины атомных станций

1.	Объем дисциплины в зачетных единицах	6	
2.	Виды аудиторных занятий	Лекции Практические/семинарские занятия	
3.	Промежуточная аттестация	Экзамен Курсовая работа	
4.	Текущая аттестация	Контрольная работа	1
		Домашняя работа	1

## 2. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ (ИНДИКАТОРЫ) ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ Турбомашины атомных станций

Индикатор – это признак / сигнал/ маркер, который показывает, на каком уровне обучающийся должен освоить результаты обучения и их предъявление должно подтвердить факт освоения предметного содержания данной дисциплины, указанного в табл. 1.3 РПМ-РПД.

Таблица 1

Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (индикаторы)	Контрольно-оценочные средства для оценивания достижения результата обучения по дисциплине
1	2	3
ОПК-6 -Способен планировать и организовать работы по эксплуатации технологического оборудования и обеспечению технологических процессов в сфере своей профессиональной деятельности с учетом энерго- и ресурсоэффективност и производственного цикла и продукта	З-1 - Перечислить основные технические параметры и технологические характеристики эксплуатируемого оборудования и реализуемых технологических процессов З-2 - Назвать имеющиеся ограничения режимов эксплуатации оборудования и регламенты технологических процессов У-1 - Технически грамотно формулировать задания по эксплуатации технологического оборудования и обеспечению технологических процессов с учетом имеющихся ограничений режимов эксплуатации оборудования и	Лекции Практические/семинарские занятия Экзамен

	регламенты технологических процессов	
ПК-4 -Способен проектировать составе рабочей группы элементы оборудования и технологических систем объектов использования атомной энергии с учетом требований ядерной, радиационной, пожарной, промышленной и экологической безопасности и с использованием современных информационных технологий	З-10 - Изложить порядок и теплового и прочностного расчета турбомашин атомных станций П-5 - Выполнять в рамках учебных заданий расчеты паротурбинных установок атомных станций У-10 - Выполнять тепловой и прочностной расчеты энергетических турбомашин	Домашняя работа Курсовая работа Лекции Практические/семинарские занятия Экзамен
ПК-6 -Способен в составе рабочей группы организовывать безопасную и экономичную эксплуатацию реакторной установки или оборудования и технологических систем блока атомной электростанции, в том числе проводить нейтронно-физические, теплогидравлические расчеты, анализировать технологические процессы и алгоритмы контроля, управления и защиты АС	З-6 - Описывать технические характеристики, конструкцию и особенности эксплуатации энергетических турбомашин, их элементов и узлов У-4 - Анализировать процессы, происходящие в оборудовании турбоустановки атомной станции	Домашняя работа Контрольная работа Курсовая работа Лекции Практические/семинарские занятия Экзамен

**3. ПРОЦЕДУРЫ КОНТРОЛЯ И ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ В РАМКАХ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ В БАЛЬНО-РЕЙТИНГОВОЙ СИСТЕМЕ (ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА БРС)**

### 3.1. Процедуры текущей и промежуточной аттестации по дисциплине

<b>1. Лекции: коэффициент значимости совокупных результатов лекционных занятий – 0.50</b>		
Текущая аттестация на лекциях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>домашняя работа</i>	8,15	50
<i>контрольная работа</i>	8,8	50
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лекциям – 0.50</b>		
<b>Промежуточная аттестация по лекциям – экзамен</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лекциям – 0.50</b>		
<b>2. Практические/семинарские занятия: коэффициент значимости совокупных результатов практических/семинарских занятий – 0.50</b>		
Текущая аттестация на практических/семинарских занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>Выполнение заданий на практических занятиях</i>	8,17	100
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по практическим/семинарским занятиям – 1.00</b>		
<b>Промежуточная аттестация по практическим/семинарским занятиям – нет</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по практическим/семинарским занятиям – 0.00</b>		
<b>3. Лабораторные занятия: коэффициент значимости совокупных результатов лабораторных занятий – не предусмотрено</b>		
Текущая аттестация на лабораторных занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лабораторным занятиям – не предусмотрено</b>		
<b>Промежуточная аттестация по лабораторным занятиям – нет</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лабораторным занятиям – не предусмотрено</b>		
<b>4. Онлайн-занятия: коэффициент значимости совокупных результатов онлайн-занятий – не предусмотрено</b>		
Текущая аттестация на онлайн-занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по онлайн-занятиям – не предусмотрено</b>		
<b>Промежуточная аттестация по онлайн-занятиям – нет</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по онлайн-занятиям – не предусмотрено</b>		

### 3.2. Процедуры текущей и промежуточной аттестации курсовой работы/проекта

Текущая аттестация выполнения курсовой работы/проекта	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
Выполнение курсовой работы	8,17	100
Весовой коэффициент текущей аттестации выполнения курсовой работы/проекта– 0.50		
Весовой коэффициент промежуточной аттестации выполнения курсовой работы/проекта– защиты – 0.50		

## 4. КРИТЕРИИ И УРОВНИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ

4.1. В рамках БРС применяются утвержденные на кафедре/институте критерии (признаки) оценивания достижений студентов по дисциплине модуля (табл. 4) в рамках контрольно-оценочных мероприятий на соответствие указанным в табл.1 результатам обучения (индикаторам).

Таблица 4

### Критерии оценивания учебных достижений обучающихся

Результаты обучения	Критерии оценивания учебных достижений, обучающихся на соответствие результатам обучения/индикаторам
Знания	Студент демонстрирует знания и понимание в области изучения на уровне указанных индикаторов и необходимые для продолжения обучения и/или выполнения трудовых функций и действий, связанных с профессиональной деятельностью.
Умения	Студент может применять свои знания и понимание в контекстах, представленных в оценочных заданиях, демонстрирует освоение умений на уровне указанных индикаторов и необходимых для продолжения обучения и/или выполнения трудовых функций и действий, связанных с профессиональной деятельностью.
Опыт /владение	Студент демонстрирует опыт в области изучения на уровне указанных индикаторов.
Другие результаты	Студент демонстрирует ответственность в освоении результатов обучения на уровне запланированных индикаторов. Студент способен выносить суждения, делать оценки и формулировать выводы в области изучения. Студент может сообщать преподавателю и коллегам своего уровня собственное понимание и умения в области изучения.

4.2 Для оценивания уровня выполнения критериев (уровня достижений обучающихся при проведении контрольно-оценочных мероприятий по дисциплине модуля) используется универсальная шкала (табл. 5).

Таблица 5

### Шкала оценивания достижения результатов обучения (индикаторов) по уровням

Характеристика уровней достижения результатов обучения (индикаторов)		
№ п/п	Содержание уровня выполнения критерия	Шкала оценивания

	оценивания результатов обучения (выполненное оценочное задание)	Традиционная характеристика уровня		Качественная характеристика уровня
1.	Результаты обучения (индикаторы) достигнуты в полном объеме, замечаний нет	Отлично (80-100 баллов)	Зачтено	Высокий (В)
2.	Результаты обучения (индикаторы) в целом достигнуты, имеются замечания, которые не требуют обязательного устранения	Хорошо (60-79 баллов)		Средний (С)
3.	Результаты обучения (индикаторы) достигнуты не в полной мере, есть замечания	Удовлетворительно (40-59 баллов)		Пороговый (П)
4.	Освоение результатов обучения не соответствует индикаторам, имеются существенные ошибки и замечания, требуется доработка	Неудовлетворительно (менее 40 баллов)	Не зачтено	Недостаточный (Н)
5.	Результат обучения не достигнут, задание не выполнено	Недостаточно свидетельств для оценивания		Нет результата

## 5. СОДЕРЖАНИЕ КОНТРОЛЬНО-ОЦЕНОЧНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ

### 5.1. Описание аудиторных контрольно-оценочных мероприятий по дисциплине модуля

#### 5.1.1. Лекции

Самостоятельное изучение теоретического материала по темам/разделам лекций в соответствии с содержанием дисциплины (п. 1.2. РПД)

#### 5.1.2. Практические/семинарские занятия

Примерный перечень тем

1. Тепловые циклы и принципиальные схемы турбоустановок.
2. Коэффициенты полезного действия турбины и всей турбоустановки.
3. Основные узлы и конструкция паровой турбины.
4. Тепловой процесс в турбинной ступени.
5. Усилия, действующие на лопатки турбины.
6. Конструктивные характеристики сопловых и рабочих решеток.
7. Многоступенчатая турбина: конструктивная схема и процесс преобразования энергии
8. Потери от утечек пара в турбинах. Расчет ступенчатого лабиринтного уплотнения.
9. Работа турбины при переменном режиме.
10. Примеры принципиальных схем регулирования.
11. Схемы маслоснабжения турбин АЭС.
12. Методики теплового и гидродинамического расчета конденсаторов турбин.
13. Эксплуатация паротурбинных установок.

#### 14. Газотурбинные установки на АЭС.

Примерные задания

Изучить устройство и принцип действия турбинных ступеней.

Назвать различия турбинных ступеней активного и реактивного типа.

По заданным давлению, температуре, степени реактивности, скорости пара перед ступенью и относительному внутреннему КПД рассчитать геометрические параметры турбинной ступени. Построить процесс расширения пара в турбинной ступени в  $h$ - $s$ -координатах. Построить в масштабе входной и выходной треугольники скоростей турбинной ступени.

Изучить механизм возникновения окружного усилия в турбинной ступени: рассмотреть графики распределения давлений по обводу сопловой и рабочей решеток, изобразить эпюры скоростей в пограничном слое при ламинарном и турбулентном режимах, ответить на контрольные вопросы.

1. За счет чего создается окружное усилие, действующее на рабочие лопатки?

2. Что такое относительный лопаточный КПД ступени и какие потери энергии он учитывает?

3. При каком из режимов - ламинарном или турбулентном - потери от трения будут больше? При каком из этих режимов больше вероятность отрыва пограничного слоя обтекаемой поверхности?

4. Перечислите основные геометрические и режимные параметры турбинных решеток.

LMS-платформа – не предусмотрена

### **5.2. Описание внеаудиторных контрольно-оценочных мероприятий и средств текущего контроля по дисциплине модуля**

Разноуровневое (дифференцированное) обучение.

#### **Базовый**

##### **5.2.1. Контрольная работа**

Примерный перечень тем

1. Элементы конструкции турбомашин

Примерные задания

Ответить на контрольные вопросы:

1. В чем принципиальное различие паровых турбин активного и реактивного типа?

2. Из каких основных элементов состоит типичная энергетическая паровая турбина?

3. Типы уплотнений турбины и места применения.

4. Варианты конструктивного исполнения роторов турбины.

5. Что входит в состав системы регулирования паровой турбины?

6. Чему примерно равен абсолютный теоретический (термический) КПД турбоустановки? В чем принципиальная разница абсолютных и относительных КПД? Какой из них больше?

7. Чем отличается эффективная мощность турбоагрегата от электрической? Какая из них больше?

8. Почему экономически целесообразны ТЭЦ с комбинированной выработкой тепловой и электрической энергии?

9. Какие типы турбин (по назначению) используются в энергетике?

10. Что такое номинальная мощность турбоагрегата и в чем ее отличие для конденсационных и теплофикационных турбин?

11. Расшифруйте обозначения турбины К-1200-6,8/3000.

LMS-платформа – не предусмотрена

### **5.2.2. Домашняя работа**

Примерный перечень тем

1. Расчет ступени турбомашин

Примерные задания

1. Расчет газодинамических характеристик ступени турбомашин. Включает в себя определение скоростей пара на выходе из решеток, расчет треугольников скоростей, определение потерь в решетках.

2. Расчет зависимости относительного лопаточного КПД как функции от располагаемого теплоперепада ступени.

3. Расчет изменения газодинамических характеристик по высоте ступени с учетом закрутки для разных законов закрутки.

LMS-платформа – не предусмотрена

### **5.3. Описание контрольно-оценочных мероприятий промежуточного контроля по дисциплине модуля**

#### **5.3.1. Экзамен**

Список примерных вопросов

1. Тепловые циклы и принципиальные схемы турбоустановок.

2. Особенности схем турбинных установок АЭС.

3. Влияние на экономичность турбоустановок начальных и конечных параметров пара, влажности пара.

4. Промежуточный перегрев и сепарация.

5. Ступень паровой турбины и ее элементы. Расширение пара в сопловой решетке. Определение скорости потока.

6. Активная ступень. Построение процесса в тепловой диаграмме. Треугольники скоростей.

7. Реактивная ступень, степень реактивности. Определение скорости на выходе из рабочих лопаток. Построение процесса расширения в тепловой диаграмме. Треугольники скоростей.

8. Классификация профилей сопловых и рабочих лопаток.

9. Определение высот сопловых и рабочих лопаток.

10. Основные потери энергии в ступени. Относительный лопаточный КПД ступени и его зависимость от характеристик ступени.

11. Дополнительные потери в ступени. Относительный внутренний КПД.

12. Рабочий процесс в ступени влажнопаровой турбины. Потери энергии от влажности пара. КПД влажнопаровой ступени.

13. Эрозия и методы борьбы с ней: сепарация пара, внутреннее влагоудаление, защита проточной части.

14. Ступени с длинными рабочими лопатками. Построение треугольников скоростей для различных сечений: корневого, среднего и периферийного. Законы закруток лопаток.

15. Схема многоступенчатой турбины, основных элементы и их назначение. Изменение параметров вдоль оси турбины. Преимущества и недостатки многоступенчатых турбин.
16. Методика расчета многоступенчатых паровых турбин. Определение числа ступеней и их диаметров. Разбивка теплосерепада по ступеням.
17. Коэффициент возврата тепла и его оценка. Физический смысл коэффициента возврата тепла.
18. Осевое усилие многоступенчатых паровых турбин. Способы уменьшения усилия.
19. Построение предполагаемого теплового процесса в диаграмме h-s для влажнопаровой турбины.
20. Подогреватели системы регенерации турбинных установок. Определение расходов пара на подогреватели, уравнения тепловых балансов.
21. Системы парораспределения паровых турбин. Дроссельное и сопловое парораспределение. Преимущества и недостатки.
22. Концевые уплотнения паровых турбин и их назначение. Схема лабиринтовых уплотнений. Расчет лабиринтовых уплотнений.
23. Конденсационные установки паровых турбин. Назначение, схема и основные элементы конденсационной установки.
24. Тепловой расчет конденсатора. Задачи теплового расчета. Компоновки трубных пучков конденсаторов.
25. Основные характеристики конденсатора, полученные опытным путем.
26. Воздухоотсасывающие устройства конденсационных установок. Эжекторы, принцип действия и назначение. Типы эжекторов.
27. Основы эксплуатации конденсационной установки. Гидравлическая и воздушная плотность конденсатора. Чистка поверхности охлаждения конденсатора.
28. Насосы конденсационной установки: конденсатные и циркуляционные насосы. Особенности конструкции, условия работы.
29. Работа ступени турбомашин при переменном режиме. Изменение КПД ступени.
30. Последняя ступень паровой конденсационной турбины при переменном давлении в конденсаторе. Понятие об экономическом и предельном вакууме.
31. Причины, вызывающие переменный режим работы турбины.
32. Изменение реактивности при переменном режиме.
33. Диаграмма G-P при разных системах парораспределения.
34. Выбор допустимых напряжений для основных деталей турбины.
35. Конструкция роторов турбин: цельнокованные, сварные и с насадными дисками. Области применения.
36. Колебания валов, типы колебаний. Критическая частота вращения ротора. Жесткие и гибкие валы.
37. Подшипники турбин. Опорные и упорные подшипники. Назначение и конструкция.
38. Особенности конструкций деталей влажнопаровых турбин. Способы защиты проточной части от эрозии.
39. Корпуса паровых турбин. Требования к конструкции корпуса. Определение толщины стенки корпуса.
40. Диафрагмы паровых турбин. Конструкция и назначение. Способы установки диафрагм в корпусе турбины. Определение толщины диафрагм.
41. Рабочие лопатки паровых турбин. Конструкция. Виды хвостовиков. Растяжение рабочих лопаток центробежными силами. Изгиб лопаток от паровых усилий.

42. Колебания рабочих лопаток, причины, вызывающие колебания, виды колебаний. Резонансная диаграмма лопаток.
43. Схемы простейшей ГТУ. Основные элементы и их назначение. Изображение цикла ГТУ в T-S диаграмме.
44. Способы повышения КПД газотурбинных установок.
45. ГТУ закрытого типа. Гелиевые и углекислотные установки. Принцип действия и схема.
46. Режимы работы турбин АЭС и принципы построения АСР.
47. Статическая характеристика АСР турбины и основные показатели.
48. Параллельная работа турбин и механизм управления турбиной.
49. Регулирующие органы турбин АЭС.
50. Защитные устройства турбин.
51. Электрогидравлические системы регулирования.
52. Требования, предъявляемые к работе турбоустановок.
53. Пуск и остановка турбоагрегата.
- LMS-платформа – не предусмотрена

### 5.3.2. Курсовая работа

Примерный перечень тем

1. Тепловой расчет цилиндра высокого давления влажнопаровой турбины АЭС (по вариантам)

### 5.4 Содержание контрольно-оценочных мероприятий по направлениям воспитательной деятельности

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения	Контрольно-оценочные мероприятия
Профессиональное воспитание	проектная деятельность профориентационная деятельность	Технология формирования уверенности и готовности к самостоятельной успешной профессиональной деятельности Технология самостоятельной работы	ПК-4	П-5	Домашняя работа Курсовая работа Практические/семинарские занятия