

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ**  
**ИТОГОВОЙ (ГОСУДАРСТВЕННОЙ ИТОГОВОЙ) АТТЕСТАЦИИ**

<b>Код модуля</b>	<b>Модуль</b>

Оценочные материалы по итоговой (государственной итоговой) аттестации составлены авторами:

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия, имя, отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Артемова Татьяна Георгиевна	без ученой степени, без ученого звания	Старший преподаватель	Кафедра турбин и двигателей
2	Комаров Олег Вячеславович	кандидат технических наук, доцент	Заведующий кафедрой	Кафедра турбин и двигателей
3	Метельков Владимир Павлович	К.т.н., Доцент	Доцент	

**Согласовано:**

Управление образовательных программ

Р.Х. Токарева

## 1. СТРУКТУРА И ОБЪЕМ ИТОГОВОЙ (ГОСУДАРСТВЕННОЙ ИТОГОВОЙ) АТТЕСТАЦИИ

В рамках государственной итоговой аттестации проверяется уровень сформированности результатов освоения образовательной программы – компетенций

Таблица 1.

№ п/п	Перечень государственных аттестационных испытаний	Объем государственных аттестационных испытаний в зачетных единицах	Форма итоговой промежуточной аттестации по ГИА
1	Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена	1	Экзамен
2	Подготовка к защите и процедура защиты выпускной квалификационной работы	7	Экзамен

## 2. КРИТЕРИИ И УРОВНИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ – КОМПЕТЕНЦИИ НА ИТОГОВОЙ (ГОСУДАРСТВЕННОЙ ИТОГОВОЙ) АТТЕСТАЦИИ

2.1 Для государственных аттестационных испытаний применяются утвержденные на кафедре/институте критерии (признаки) оценивания учебных достижений студентов по образовательной программе на соответствие указанным в табл.2 результатам освоения образовательной программы – компетенциям.

Таблица 2

### Критерии оценивания учебных достижений обучающихся

Результаты обучения	Критерии оценивания учебных достижений обучающихся на соответствие компетенциям
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.
Личностные качества	Студент демонстрирует ответственность в освоении результатов обучения по компетенциям 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.
--	--

2.2. Для оценивания уровня выполнения критериев (уровня достижений обучающихся при проведении государственных аттестационных испытаний) используется универсальная шкала.

Таблица 3

**Шкала оценивания достижения результатов обучения (индикаторов) по компетенциям по уровням**

<b>Характеристика уровней достижения результатов обучения (индикаторов) по компетенциям</b>				
<b>№ п/п</b>	<b>Содержание уровня выполнения критерия оценивания результатов обучения (индикаторов) по компетенциям</b>	<b>Шкала оценивания</b>		
		<b>Традиционная характеристика уровня</b>		<b>Качественная характеристика уровня</b>
1.	Все результаты обучения (индикаторы) по компетенции достигнуты в полном объеме, замечаний нет, компетенция сформирована	Отлично (80-100 баллов)	Зачтено	Высокий (В)
2.	Результаты обучения (индикаторы) по компетенции в целом достигнуты, имеются замечания, которые не требуют обязательного устранения	Хорошо (60-79 баллов)		Средний (С)
3.	Результаты обучения (индикаторы) по компетенции достигнуты не в полной мере, есть замечания	Удовлетворительно (40-59 баллов)		Пороговый (П)
4.	Освоение результатов обучения по компетенции не соответствует индикаторам, имеются существенные ошибки и замечания, требуется доработка	Неудовлетворительно (менее 40 баллов)	Не зачтено	Недостаточный (Н)
5.	Результат обучения по компетенции не достигнут, задание не выполнено	Недостаточно свидетельств для оценивания		Нет результата

### **3. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ИТоговым (ГОСУДАРСТВЕННЫМ ИТоговым) АТТЕСТАЦИОННЫМ ИСПЫТАНИЯМ**

#### **3.1. Перечень вопросов для подготовки к сдаче государственного экзамена**

1. Первый закон термодинамики. Примеры его использования при анализе процессов, протекающих в ГТУ и газовой турбине.

2. Термодинамический цикл, его основные составляющие. Цикл Брайтона.
3. Второй закон термодинамики, его приложение к анализу циклов и процессов в ГТУ.
4. Турбинные решетки. Основные характеристики. Обозначение сопловых и рабочих решеток. Выбор профилей.
5. Потери энергии при течении газа в ступени. Номенклатура КПД ступени. Характеристическое отношение скоростей в ступени, его влияние на КПД ступени; оптимальное значение характеристического отношения скоростей.
6. Теория расширения рабочего тела в решетках турбомашин.  $h$ - $s$  диаграмма, понятие о степени реактивности, понятие о фиктивной скорости. Типы ступеней: активная и реактивная.
7. Последовательность расчета ступени. Расчет и построение треугольников скоростей в ступени.
8. Уравнение радиального равновесия. Законы закрутки лопаток, их влияние на характеристики ступеней. Применение различных законов закрутки в ступенях газовых турбин.
9. Принципиальные схемы ГТУ. Основные элементы ГТУ и их назначение.
10. Способы повышения экономичности ГТУ.
11. Регенеративные ГТУ. Степень регенерации. Достоинства и недостатки регенеративных ГТУ.
12. Влияние температур газа и воздуха на показатели ГТУ простого цикла.
13. Влияние потерь по тракту и КПД турбины и компрессора на показатели ГТУ простого цикла.
14. Шпоночные и шлицевые соединения для передачи крутящего момента, расчет.
15. Подшипники качения, их классификация, конструкция и назначение. Стандартизация.
16. Преимущества и недостатки литых деталей. Способы литья. Толщина стенок, учет формовки и разъема форм, формовочные уклоны.
17. Расчет рабочих лопаток на растяжение под действием ЦБС.
18. Расчет рабочих лопаток на изгиб газодинамическими силами.
19. Расчет на прочность елочного хвостовика рабочей лопатки.
20. Классификация и конструкции роторов турбомашин.
21. Роль центробежных сил и неравномерности температуры в прочности дисков.

22. Причины колебаний турбинных лопаток. Формы колебаний. Собственные частоты колебаний лопаток.
23. Опорные и опорно-упорные подшипники скольжения.
24. Критические частоты вращения роторов турбомашин. Классификация теплообменных аппаратов.
25. Конструкции теплообменников, применяемых в энергомашиностроении, и их узлов.
26. Этапы предварительной и окончательной механической обработки роторов компрессора и турбины.
27. Выбор заготовок для изготовления деталей энергомашин. Выбор технологических баз при изготовлении деталей турбомашин.
28. Режимы резания на примере точения. Классификация металлорежущих станков.
29. Растачивание корпусов турбомашин на расточных и карусельных станках. Этапы предварительной и окончательной обработки цилиндров (корпусов).
30. Виды ремонтов ГТУ. Пуск турбин. Сдача турбоагрегата в эксплуатацию.
31. Методы сборки турбин. Радиальные и аксиальные навалы лопаток и их контроль при облопачивании.
32. Центровка по струне, уровню, расточкам. Центровка при помощи оптических, оптико-электронных и лазерных приборов.
33. Проверка зазоров проточной части. Сборка упорного подшипника и контроль осевого разбега ротора.
34. Общие задачи и свойства систем регулирования энергетических установок. Закон регулирования. Пропорциональный закон регулирования. Интегральный закон регулирования.
35. Неравномерность регулирования. Степени нечувствительности и неравномерности регулирования.
36. Роль радиальных и осевых зазоров в проточной части газовой турбины. Значение диффузора в тракте газовой турбины.
37. Связь теплоперепада ступени газовой турбины с условиям прочности. Проблемы, связанные с ростом температуры газа перед турбиной.
38. Способы охлаждения роторов газовых турбин. Системы охлаждения лопаток газовых турбин. Системы охлаждения статоров газовых турбин.
39. Назначение и состав промежуточной (или линейной) компрессорной станции. Система технологического газа компрессорного цеха. Назначение, основные узлы, их работа.

40. Виды технологических схем ГКС: ГПА с неполно- и полнонапорными нагнетателями. Работа схем
41. Компрессорные станции с различными типами ГПА. Преимущества и недостатки различных приводов.
42. Компоновка оборудования компрессорного цеха. Компоновка ГПА в КС. Здания и укрытия ГПА.
43. Кинематические, газодинамические и геометрические параметры ступени осевого компрессора.
44. Потери энергии в лопаточном венце осевого компрессора. Особенности транс- и сверхзвуковых ступеней осевого компрессора.
45. Связь между параметрами ступени и компрессора. Формы проточной части. Срывные и неустойчивые режимы работы ступени. Неустойчивые режимы работы многоступенчатых компрессоров.
46. Характеристики осевых компрессоров. Регулирование компрессоров. Принципы конвертирования авиационных и судовых ГТД для наземных турбоустановок.
47. Особенности обслуживания и ремонта конвертированных двигателей. Особенности маслоснабжения конвертированных авиа- и судовых ГТД.
48. Конструктивные решения для обеспечения высоких КПД в авиа-ГТД. Особенности конвертированных судовых ГТД разработки НПП «Заря-Машпроект» (на примере ДР-59, ДН-80, ДГ-90).
49. Регулирование частоты вращения газотурбинной установки. Регулирование ГТУ первого рода. Регулирование ГТУ второго рода.
50. Устройство пневматической системы регулирования газотурбинной установки ГТК-10-4. Работа системы автоматического регулирования газотурбинной установки при поддержании заданной скорости силового вала.
51. Типы и назначения защитных устройств газотурбинных установок. Ограничение приемистости при наборе и сбросе нагрузки газотурбинной установки.
52. Назначение и устройство системы регулирования уплотнения нагнетателя природного газа. Работа системы уплотнения по поддержанию перепада давлений «масло-газ».
53. Противопомпажная защита осевого компрессора ГТУ и нагнетателя природного газа.
54. Фундаментальные принципы управления. Частотные характеристики, их виды, связь с передаточной функцией.
55. Понятие передаточной функции, ее связь с весовой и переходной функцией, с динамическими и статическими свойствами.
56. Характеристики интегрирующего звена.

57. Характеристики дифференцирующего звена. Характеристики аperiodического звена.
58. Характеристики изодромного звена. Характеристики колебательного звена.
59. Алгебраические критерии устойчивости линейных систем. Частотные критерии устойчивости линейных систем.
60. Оценка управляемости и наблюдаемости линейной САР. Оценка устойчивости линейной системы в пространстве состояний.
61. Исследование устойчивости дискретных систем. Оценка качества дискретных систем.
62. Методы технической линеаризации нелинейных систем. Линеаризация нелинейности разложением в ряд.
63. Абсолютная устойчивость. Критерий Попова. Уравнение движения электропривода при двухмассовой и одномассовой механической части.
64. Механическая часть электропривода как объект управления. Структурная схема, передаточные функции, частотные характеристики.
65. Основные тормозные режимы двигателя постоянного тока с независимым возбуждением, их особенности, баланс мощностей, условия реализации, механические характеристики.
66. Уравнения статических механических и скоростных характеристик (для тока статора и ротора) асинхронного двигателя. Понятие о критическом моменте и скольжении.
67. Синхронные двигатели. Уравнения для момента при явнополюсном и неявнополюсном исполнении ротора. Особенности использования синхронного двигателя как компенсатора реактивной мощности.
68. Классификация режимов работы двигателя по нагреванию. Особенности выбора двигателей при различных режимах. Способы проверки двигателя по нагреванию, условия их применения.
69. Математическое описание и структурные схемы разомкнутых электромеханических систем (на примере двигателя постоянного тока с независимым возбуждением и двухмассовой механической части).
70. Динамические свойства электропривода с линейной механической характеристикой при жестких механических связях. Частотные характеристики. Влияние соотношения механической и электрической постоянных времени.
71. Переходные процессы электропривода с линейной механической характеристикой при скачке задания по скорости, влияние соотношения постоянных времени.
72. Способы регулирования скорости двигателей постоянного тока, их оценка. Способы регулирования скорости асинхронных двигателей, их оценка.
73. Регулировочные характеристики двигателя постоянного тока с независимым возбуждением, способы их получения, методы расчета.

74. Уравнения двигателей постоянного тока с последовательным возбуждением, методы расчета механических и скоростных характеристик.

75. Принципы построения систем подчиненного регулирования с последовательной коррекцией. Передаточные функции контуров регулирования и регуляторов. Переходные и частотные характеристики контуров.

76. Принципы ограничения координат в системах подчиненного регулирования. Математическая модель цепи якоря компенсированного двигателя постоянного тока как объекта управления.

77. Математическая модель цепи возбуждения компенсированного двигателя постоянного тока как объекта управления.

78. Учет влияния ЭДС вращения двигателя при построении систем автоматического регулирования тока якоря.

79. Структура однократно-интегрирующей системы автоматического регулирования скорости двигателя постоянного тока. Статические и динамические характеристики.

80. Структура двукратно-интегрирующей системы автоматического регулирования скорости двигателя постоянного тока. Статические и динамические характеристики.

81. Особенности пусковых режимов в системах автоматического регулирования скорости двигателя постоянного тока с задатчиком интенсивности при применении П и ПИ-регуляторов скорости в системах подчиненного регулирования с последовательной коррекцией.

82. Принципы построения систем управления позиционных электроприводов. Синтез регулятора контура положения при малых перемещениях. Статические и динамические характеристики.

83. Системы управления позиционных электроприводов с нелинейным регулятором положения. Особенности расчета характеристики нелинейного регулятора положения.

84. Системы автоматического управления частотно-регулируемых асинхронных электроприводов. Предпосылки качественного регулирования электромагнитного момента двигателя.

85. Структура системы частотно-регулируемого асинхронного электропривода с управляемым скольжением. Статические и динамические характеристики.

86. Структура векторной системы управления асинхронным двигателем с ориентацией системы координат по вектору потокосцепления ротора (типа системы “Трансвектор”). Статические и динамические характеристики.

87. Структура системы автоматического регулирования скорости тиристорного асинхронного электропривода с фазовым управлением. Статические и динамические характеристики.

88. Структура системы автоматического управления частотно-регулируемого синхронного электропривода. Статические и динамические характеристики.
89. Структура векторной системы управления асинхронным двигателем с ориентацией системы координат по вектору потокосцепления ротора (типа системы “Трансвектор”). Статические и динамические характеристики.
90. Структура системы автоматического регулирования скорости тиристорного асинхронного электропривода с фазовым управлением. Статические и динамические характеристики.
91. Структура системы автоматического управления частотно-регулируемого синхронного электропривода. Статические и динамические характеристики.
92. Преобразователи постоянного тока с импульсно-фазовым принципом управления. Типовые схемы вентильной части. Регулировочные и внешние характеристики в типовых режимах (на примере одной из схем).
93. Преобразователи постоянного тока с широтно-импульсным принципом управления. Типовые схемы вентильной части. Регулировочные и внешние характеристики в типовых режимах (на примере одной из схем).
94. Статические и динамические характеристики системы «тиристорный преобразователь – двигатель постоянного тока».
95. Классификация и сравнительная характеристика преобразователей частоты.
96. Структура силовой части и системы управления преобразователя типа АИН с базовым алгоритмом симметричной двухсторонней синусоидальной ШИМ (координатные системы). Спектральные характеристики выходного напряжения инвертора.
97. Векторные системы ШИМ в АИН. Управление фазой и модулем среднего напряжения за период несущей частоты.
98. Сопоставление предельных возможностей преобразователей типа АИН с различными способами управления ШИМ.
99. Тиристорный преобразователь напряжения (ТПН). Схема силовой части, регулировочные характеристики, особенности и область применения.
100. Электромагнитная совместимость преобразователей постоянного тока. Влияние преобразователя на работу двигателя. Оценка потерь. Влияние преобразователя на работу сети.
101. Влияние двухзвенного преобразователя частоты с неуправляемым и активным выпрямителем на работу сети и двигателя. Технические меры обеспечения электромагнитной совместимости.

### **3.2. Перечень тем выпускных квалификационных работ**

1. ГТУ мощностью 6 МВт на базе ГТ-6-750

2. ГТУ мощностью 10 МВт на базе ГТК-10-4
3. ГТУ мощностью 10 МВт на базе ГТК-10И
4. ГТУ мощностью 10 МВт на базе ДР-59Л
5. ГТУ мощностью 12 МВт на базе двигателя ПС-90-ГП1
6. ГТУ мощностью 16 МВт на базе двигателя ПС-90-ГП2
7. ГТУ мощностью 16 МВт на базе ГТН-16
8. ГТУ мощностью 16 МВт на базе двигателя НК-38СТ
9. ГТУ мощностью 16 МВт на базе двигателя АЛ-31СТН
10. ГТУ мощностью 16 МВт на базе двигателя НК-16(18)СТ
11. ГТУ мощностью 16 МВт на базе двигателя ДЖ-59Л2
12. ГТУ мощностью 16 МВт на базе двигателя ДГ-90
13. ГТУ мощностью 25 МВт на базе двигателя ДН-80
14. ГТУ мощностью 25 МВт на базе ГТК-25И
15. ГТУ мощностью 25 МВт на базе ГТК-25ИР
16. Электропривод АВО газа.
17. Электроприводы и автоматизация вспомогательных систем охлаждения, водоснабжения и канализации компрессорных станций.
18. Энергоэффективность и перспективы применения ЭГПА на КС.
19. Системы управления выпрямительно-зарядными устройствами компрессорных станций.
20. Применение GSM-технологий для управления удаленными электроприводами.