

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ

Директор ЭНИН

В.М. Завьялов

« ___ » _____ 20__ г.

ПРОГРАММА
Государственного экзамена по специальности
140101 «ТЕПЛОВЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ» (ИНЖЕНЕР)

Обеспечивающая кафедра – Атомных и тепловых электростанций (АТЭС)

Курс – 6

Семестр – 12

Учебный план набора 2010 года

Предисловие

Программа составлена на основе ФГОС и ООП ТПУ специальности подготовки инженеров 140101 «Тепловые электрические станции»

Программа утверждена на заседании Ученого совета ЭНИН
«__» _____ 2016 г. протокол №__

Программа государственного экзамена по специальности 140101 «Тепловые электрические станции» составлена на основе рабочих программ дисциплин: «Тепловые и атомные электрические станции», «Турбины тепловых и атомных электрических станций», «Режимы работы ТЭС», «Котельные установки и парогенераторы», «Тепломеханическое и вспомогательное оборудование ТЭС».

В билет входят пять теоретических вопросов.

В программу экзамена включены следующие вопросы:

1. Энергетическое топливо. Элементарный состав топлива. Теплоты сгорания топлива. Влияние различных составляющих топлива на работу котла и окружающую среду.
2. Теоретически необходимое количество воздуха. Коэффициент избытка воздуха. Состав продуктов сгорания.
3. Общее уравнение теплового баланса. Расход топлива и К.П.Д. парового котла. Составляющие потерь теплоты и их анализ. Влияние коэффициента избытка воздуха на потери тепла
4. Особенности теплообмена в топке и газоходах котла.
5. Схемы пылеприготовления. Влияние характеристик топлива на выбор системы пылеприготовления. Элементы систем пылеприготовления.
6. Топочные камеры газомазутных паровых котлов. Размещение горелочных устройств. Особенности эксплуатации таких топок по организации рациональных процессов горения и снижению выбросов окислов азота.
7. Типы топок для сжигания твердых топлив, кратко об их конструкциях и особенностях работы.
8. Принцип компоновки поверхностей нагрева по ходу продуктов сгорания. Распределение теплоты между поверхностями нагрева котла в зависимости от параметров пара.
9. Методы регулирования температуры перегретого пара.
10. Интенсифицированные низкотемпературные поверхности нагрева, условия их работы.
11. Коррозия поверхностей нагрева и методы повышения коррозионной стойкости. Очистка конвективных поверхностей нагрева. Абразивный износ конвективных поверхностей.
12. Методы получения чистого пара в паровых котлах.
13. Схемы контуров с естественной циркуляцией. Движущий и полезный напоры. Основное уравнение циркуляции.
14. Типы воздухоподогревателей, их краткая характеристика.
15. Типы пароперегревателей, их конструктивное оформление.
16. Типы экранов котлов, их краткая характеристика.
17. Основы расчета аэродинамического сопротивления газоздушного тракта.
18. Конденсационная установка паровых турбин. Назначение и состав.
19. Переохлаждение конденсата в конденсаторе паровой турбины.
20. Назначение и принцип работы пароструйного эжектора.
21. Факторы, определяющие давление в конденсаторе.
22. Работа ступени при нерасчетном режиме. Изменение степени реактивности ступени.
23. Работа ступени при нерасчетном режиме. Изменение треугольников скоростей.
24. КПД ступени при нерасчетном режиме. Изменение составляющих потерь располагаемой энергии.
25. Расчет ступени при изменении расхода пара
26. Детальный расчет ступеней турбины на переменный режим.
27. Распределение давлений по ступеням турбины при переменном режиме.
28. Распределение теплоперепадов по ступеням турбины при переменном режиме.
29. Дроссельная система парораспределения. Принцип работы, показатели эффективности.
30. Зависимость коэффициента дросселирования от нагрузки при различных значениях противодавления.

31. Сопловая система парораспределения. Принцип работы, конструктивные особенности, процесс расширения в регулирующей ступени.
32. р-G и G-G диаграммы для турбины с сопловым парораспределением.
33. Определение мощности турбины с сопловым парораспределением при частичных нагрузках.
34. Обводная система парораспределения. Принцип работы, преимущества и недостатки.
35. р-G диаграмма для конденсационной турбины с обводным парораспределением.
36. Выбор системы парораспределения.
37. Выбор располагаемого теплоперепада на регулируемую ступень.
38. Диаграмма режимов конденсационной турбины.
39. Диаграмма режимов противодавленческой турбины.
40. Диаграмма режимов конденсационной турбины с одним регулируемым отбором.
41. Назначение системы автоматического регулирования турбины.
42. Статическая характеристика системы регулирования турбины.
43. Нечувствительность системы регулирования.
44. Система регулирования с усилителями.
45. Механизм управления турбиной (синхронизатор).
46. Параллельная работа турбогенераторов в энергосистеме.
47. Связанная и несвязанная системы регулирования турбины с регулируемым отбором.
48. Система регулирования турбины с регулируемым отбором (работа при изменении числа оборотов).
49. Система регулирования турбины с регулируемым отбором (работа при изменении тепловой нагрузки).
50. Система маслоснабжения турбины.
51. Защита турбины от превышения числа оборотов.
52. Перечень КПД для турбины и турбинной установки, их физический смысл и формулы для вычисления.
53. Уравнения количества движения и сохранения энергии для одномерного потока.
54. Типы сопел, когда какой применяется, когда и у каких сопел определяется отклонение струи в косом срезе и как определить это отклонение.
55. Как можно определить потери в соплах и на рабочих лопатках, коэффициенты, используемые при этом (от каких факторов они зависят) Вычисление необходимых скоростей при определении потерь.
56. Относительный КПД на лопатках ступени, от каких факторов зависит, какими способами можно вычислить, зависимость его от важнейшей характеристики ступени, значение последней, соответствующее максимуму КПД.
57. Назначение турбинных ступеней скорости, КПД, оптимальное отношение u/C_{ϕ} , изображение процесса в $h-s$ диаграмме.
58. Относительный внутренний КПД турбинной ступени, какие потери он учитывает при степени парциальности равной единице и меньше единицы, как влияет учет не учет использования выходной кинетической энергии.
59. Схема лабиринтового уплотнения. Течение пара через уплотнение. Процесс расширения пара в уплотнении в hs -диаграмме.
60. Изображение процесса расширения пара в hs -диаграмме для ступени.
61. Использование потери с выходной скоростью в ступенях. Коэффициент возврата тепла. Основные преимущества многоступенчатых турбин.
62. Эрозия рабочих лопаток и способы борьбы с ней.
63. Предельная и единичная максимальная мощность турбины. Способы увеличения предельной мощности. Методы получения в турбинах мощностей выше предельной.
64. Переменный режим работы сопел. Сетка относительных расходов.
65. Пример конструкции турбинной ступени. Активные и реактивные способы преобразования энергии в ступени, степень реактивности ступени.
66. Осевые усилия в турбинах и способы их уравнивания.

67. Потребители электроэнергии и графики электрической нагрузки. Показатели, характеризующие графики нагрузки.
68. Потребители теплоты и графики тепловой нагрузки.
69. Показатели общей экономичности ТЭС.
70. Факторы, определяющие показатели надежности тепловых электростанций.
71. Классификация тепловых электрических станций.
72. Показатели тепловой экономичности КЭС.
73. Противодавленческая паротурбинная установка. Назначение, процесс расширения, преимущества и недостатки.
74. Редукционно-охлаждающая установка. Назначение, принцип работы, процесс, расчет.
75. КПД и удельный расход условного топлива по производству электроэнергии противодавленческой ПТУ.
76. Конденсационная ПТУ с регулируемым отбором пара. Схема, процесс расширения, назначение, преимущества и недостатки.
77. Мощности турбины с регулируемым отбором пара. Работа по тепловому и электрическому графикам.
78. Расход пара на турбину с отборами. Коэффициент недовыработки мощности.
79. В какой турбине с регулируемым отбором, отпускающей технологическую теплоту или теплоту на отопление, больше расход пара на турбину? Почему?
80. Сравнение расходов пара на турбину и в конденсатор конденсационной турбины и конденсационной турбины с регулируемым отбором.
81. Экономия топлива при комбинированном производстве энергии.
82. Коэффициент ценности теплоты. Зависимость ξ_T от параметров пара в отборе.
83. Физический метод распределения расхода топлива на выработку электроэнергии и отпуск теплоты.
84. Проблема распределения расхода топлива на ТЭЦ. Возможные методы распределения расхода топлива.
85. Показатели тепловой экономичности теплоэлектроцентрали.
86. Удельная выработка электроэнергии на тепловом потреблении. Необходимость введения такого показателя эффективности производства электроэнергии.
87. Влияние начальной температуры на экономичность цикла сухого насыщенного пара.
88. Влияние начального давления на экономичность цикла с перегревом пара.
89. Влияние начальных параметров на действительные КПД цикла.
90. Сопряженные параметры пара и способы повышения начального давления при выполнении условия допустимой конечной влажности.
91. Работа и подведенное тепло в ПТУ с промежуточным перегревом пара. Сравнение с установкой без промперегрева.
92. Влияние давления промежуточного перегрева пара на экономичность цикла ПТУ.
93. Схема, процесс расширения, работа и подведенное тепло в ПТУ с однократным и двукратным промежуточным перегревом.
94. Регенеративный подогрев питательной воды. Принцип работы и физические причины повышения экономичности.
95. Доказать, что РППВ повышает экономичность станции.
96. В каких случаях одноступенчатый подогрев питательной воды не повышает экономичности станции.
97. Зависимость эффективности РППВ от числа ступеней и температуры питательной воды (станция без промежуточного перегрева пара).
98. Основные типы регенеративных подогревателей системы РППВ. Их сравнение.
99. Повышение эффективности регенеративных подогревателей (охлаждатели дренажа и пароохладители, схемы их включения).
100. Особенности зависимости эффективности РППВ от температуры питательной воды станции с промежуточным перегревом пара. Назначение и роль вспомогательного оборудования на современных ТЭС.

101. Охарактеризуйте классификацию и маркировку регенеративных подогревателей турбоустановки?
102. Охарактеризовать достоинства и недостатки поверхностных регенеративных подогревателей.
103. Когда и для чего применяются охладители пара и конденсата?
104. Как в камерных и коллекторно-спиральных подогревателях организуют многоходовые схемы движения теплоносителей?
105. Как в коллекторных ПВД включаются охладители пара и конденсата, и как в них организуется движение теплоносителей?
106. Покажите на рисунке и объясните конструкцию камерного ПВД, когда они применяются?
107. Как в камерных ПВД включаются охладители пара и конденсата?
108. Как в ПВД регулируется уровень конденсата, и какие предусмотрены защиты по уровню?
109. Покажите на рисунке основные элементы камерного поверхностного ПВД и объясните их назначение.
110. Покажите на рисунке основные элементы вертикального смешивающего подогревателя и объясните их назначение.
111. Покажите на рисунке основные элементы горизонтального смешивающего подогревателя и объясните их назначение.
112. Какие конструктивные меры предусматривают в смешивающих подогревателях для предотвращения заброса воды в турбину и как производят аварийный слив воды?
113. Какие основные уравнения положены в основу расчета поверхностных подогревателей?
114. Как рассчитывается гидравлическое сопротивление поверхностных подогревателей по воде?
115. Какие параметры определяют нагрев воды на струях смешивающего подогревателя?
116. Как определяется средняя скорость пара в струйном отсеке смешивающего подогревателя?
117. Как определяются потери давления при движении пара через струйный отсек смешивающего подогревателя?
118. Охарактеризуйте виды сетевых подогревателей и их маркировку.
119. Опишите конструкцию вертикального сетевого подогревателя с характеристикой всех его основных элементов.
120. Опишите конструкцию горизонтального сетевого подогревателя с характеристикой всех его основных элементов.
121. Как классифицируют и маркируют деаэраторы?
122. Как работает и рассчитывается струйный отсек деаэрата?
123. Как работает и рассчитывается барботажное устройство деаэрата?
124. Охарактеризуйте конструкцию и основные элементы испарителя.
125. Как рассчитывается скорость циркуляции воды в поверхностном испарителе?
126. Как рассчитываются устройства очистки пара испарителя?
127. На какие расчетные параметры производится расчет теплообменников на прочность?
128. Как определяется толщина стенки цилиндрического элемента, нагруженного внутренним давлением?
129. Охарактеризуйте категории трубопроводов. Для чего введено деление трубопроводов на категории?
130. Как рассчитывается внутренний диаметр трубопровода, и как выбираются стандартные трубопроводы?
131. Назначение и виды насосов на ТЭС?
132. Охарактеризуйте основные параметры насосов.
133. Охарактеризуйте характеристики насосов.
134. Что такое кавитация? Где и из-за чего она возникает в насосах?

135. Как определяется минимальный кавитационный запас энергии в насосах?
136. Охарактеризуйте способы регулирования подачи насосов при работе на гидравлическую сеть.
137. Как строится суммарная характеристика нескольких насосов при параллельной работе?
138. Виды тягодутьевых машин, их маркировка и требования к ним?
139. Способы регулирования тягодутьевых машин и их краткая характеристика.
140. Основы золоулавливания. Типы и конструкции золоуловителей.
141. Какие факторы определяют степень улавливания и степень проскока газоочистных устройств?
142. Как производится оперативное управление режимами работы ТЭС?
143. Охарактеризуйте суточный график электрических нагрузок ТЭС и его режимные характеристики.
144. Как покрывают суточный график электрических нагрузок в энергосистеме, и каковы при этом требования к режимным характеристикам ТЭС?
145. Охарактеризуйте регулировочный диапазон котлов и факторы, его определяющие.
146. Охарактеризуйте факторы, определяющие диапазон регулирования турбины.
147. Какие переходные процессы происходят в оборудовании ТЭС при изменениях нагрузки?
148. Охарактеризуйте факторы, ограничивающие диапазон изменения давления в котле.
149. Охарактеризуйте факторы, ограничивающие скорость изменения давления в котле.
150. Охарактеризуйте способы прохождения минимальных и максимальных нагрузок суточного графика нагрузки.
151. Как изменяются потери и КПД котла в зависимости от нагрузки?
152. Охарактеризовать зависимость параметров пара в отборах турбины и конденсаторе от нагрузки.
153. Охарактеризовать процесс расширения пара в турбине на частичных нагрузках при дроссельной системе парораспределения и регулировании нагрузки при постоянном начальном давлении.
154. Охарактеризовать процесс расширения пара в турбине на частичных нагрузках при дроссельной системе парораспределения и регулировании нагрузки при скользящем начальном давлении.
155. Охарактеризуйте режимы работы теплофикационных турбин по тепловому и электрическому графикам нагрузок.
156. Охарактеризуйте режимы работы теплофикационной турбины в зависимости от температуры наружного воздуха.
157. Порядок расчета теплофикационных турбоустановок на частичные нагрузки?
158. Охарактеризуйте режимы получения пиковой мощности на теплофикационных турбинах.
159. Почему возникают температурные напряжения в металле при переходных режимах и от чего они зависят?
160. Какие факторы определяют предельную скорость изменения температуры в металле?
161. Охарактеризуйте виды состояния оборудования перед пуском.
162. Охарактеризуйте основные этапы пуска оборудования ТЭС.
163. Охарактеризуйте предпусковые операции на котле.
164. Охарактеризуйте предпусковые операции на турбине.
165. Охарактеризуйте критерии надежной растопки котла.
166. Охарактеризуйте критерии надежного пуска турбины.
167. Охарактеризуйте основные элементы пусковых схем блоков.
168. Охарактеризуйте основные требования к пусковым схемам.
169. Охарактеризуйте растопочный узел прямоточного котла.
170. Для чего и как выполняют предтолчковый прогрев турбины?
171. Как производят толчок ротора и набор числа оборотов?
172. Охарактеризуйте график пуска энергоблока из холодного состояния.

173. Охарактеризуйте особенности пуска из горячего и неостывшего состояний.
174. Охарактеризуйте особенности пуска теплофикационных турбин.
175. Охарактеризуйте виды остановов оборудования ТЭС.
176. Когда производится аварийный останов котла?
177. Когда производится аварийный останов турбины?
178. Какие вопросы решаются при эксплуатации котла в нормальных условиях?
179. Какие вопросы решаются при эксплуатации турбины в нормальных условиях?
180. Охарактеризуйте схему конденсационной установки турбины. Какие параметры контролируются при эксплуатации конденсационной установки?
181. Охарактеризуйте причины ухудшения вакуума в конденсаторе и способы их устранения.
182. Какие параметры контролируют при эксплуатации питательных насосов?
183. Какие системы регулирования и защиты предусмотрены для регенеративных подогревателей турбоустановки?
184. Какие параметры контролируют при эксплуатации регенеративных подогревателей и как их пускают в работу?
185. Какие параметры контролируют при эксплуатации деаэраторов? Какие системы регулирования и защиты применяются на деаэраторах?

Основная литература

1. Турбины тепловых и атомных электрических станций. /М.А. Трубилов, Г.В. Арсеньев, В.В. Фролов и др. Под ред. А.Г. Костюка и В.В. Фролова. – М.: Издательство МЭИ, 2001. 488 с.
2. Щегляев А.В. Паровые турбины. Учебник для вузов. Кн. 1.- М.: Энергоатомиздат, 1993.- 384 с.
3. Щегляев А.В. Паровые турбины. Учебник вузов. Кн. 2. - М.: Энергоатомиздат, 1993. - 416 с.
4. Самойлович Г.С., Трояновский Б.М. Переменные и переходные режимы в паровых турбинах. - М.: Энергия, 1982. - 496 с.
5. Трухний А.Д. Стационарные паровые турбины. - М.: Энергоатомиздат, 1990. - 640 с.
6. Бродов Ю.М., Савельев Р.З. Конденсационные установки паровых турбин. - М. 1994. - 167 с.
7. Щегляев А.В. Паровые турбины. - М.: Энергия, 1976. - 368 с.
8. Паровые и газовые турбины. /М.А. Трубилов, Г.В. Арсеньев, В.В. Фролов и др. Под ред. А.Г. Костюка и В.В. Фролова. – М.: Энергоатомиздат, 1985. 352 с.
9. Паровые и газовые турбины: Сборник задач: Учебное пособие для вузов. /Г.С.Самойлович, Б.М.Трояновский, В.Б.Нитусов, А.Н.Занин. Под ред. Г.С. Самойловича и Б.М.Трояновского. - М.: Энергоатомиздат, 1987. - с.
10. Стационарные газотурбинные установки. Справочник. /Под ред. Л.С.Арсеньева и Д.Н.Тырышкина. - Л.: Машиностроение, 1989. - 420 с.
11. Атлас конструкций деталей турбин. Учебное пособие. /Трухний А.Д., Крупенников Б.Н. и др. – М.: Издательство МЭИ, 2000. – 148 с
12. Липов Ю.М., Третьяков Ю.М. Котельные установки и парогенераторы. – Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2002.
13. Сидельковский Л.Н., Юренев В.И. Котельные установки промышленных предприятий. – М.: Энергия, 1988. – 526 с.
14. Липов Ю.М. Компонировка и тепловой расчет парового котла. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 208 с.
15. Тепловой расчет котлов (нормативный метод). – СПб., 1998. – 257 с.
16. Рыжкин В.Я. Тепловые электрические станции. – М.: Энергоатомиздат, 1987.
17. Стерман Л.С., Лавыгин В.М., Тишин С.Г. Тепловые и атомные электрические станции. 2004 г.

18. Малюшенко В.В., Михайлов А.И. Энергетические насосы. Справочное пособие. – М.: Энергоиздат, 1981. – 209 с., ил.
19. Малюшенко В.В., Михайлов А.И. Основное насосное оборудование тепловых электростанций. – М.: Энергия, 1969. – 192 с., ил.
20. Малюшенко В.В., Михайлов А.К. Монтаж энергетических насосов ТЭС и АЭС. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 112 с.: ил. – (б-ка тепломонтажника).
21. Назмеев Ю.Г., Лавыгин В.М. Теплообменные аппараты ТЭС. Учеб. пособие для ВУЗов. – М.: Энергоатомиздат, 1998. – 288 с.
22. Рихтер Л.А., Елизаров Д.П., Лавыгин В.М. Вспомогательное оборудование тепловых электростанций. М.: Энергоатомиздат, 1987. – 215 с.
23. Елизаров Д.П. Теплоэнергетические установки электростанций. – М.: Энергоиздат, 1982. – 264 с.
24. Гиршфельд В.Я., Морозов Н.К. Тепловые электрические станции. М.: Энергия 1985. – 245 с.
25. Смешивающие подогреватели паровых турбин/ В.Ф.Ермолаев, В.А.Пермяков, Г.И.Ефимочкин, В.Л.Вербицкий. М.: Энергоиздат, 1982.
26. Оликер И.И., Пермяков В.А. Термическая деаэрация воды на тепловых электростанциях. -Л.: Энергия, 1971. – 185 с.
27. Кутепов А.М., Стерман Л.С., Стюшин Н.Г. Гидродинамика и теплообмен при парообразовании. – М.: Высшая школа, 1977. – 352 с.
28. Марушкин В.М., Иващенко С.С., Вакуленко Б.Ф. Подогреватели высокого давления турбоустановок. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 136 с.
29. Гиршфельд В.Я., Князев А.М., Куликов В.Е. Режимы работы и эксплуатация ТЭС.- М.: Энергия, 1980.- 288с.
30. Качан А.Д. Режимы работы и эксплуатация тепловых электрических станций: Учебное пособие.- Минск: Высш. школа, 1978.- 288с.
31. дополнительная литература:
32. Усов С.В., Казаров С.А. Режимы тепловых электростанций. - Л.: Энергоатомиздат, 1985.- 240с.
33. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей. – М.: Энергоатомиздат. 1989. – 288с.
34. Пособие для изучения "Правил технической эксплуатации электрических станций и сетей" (тепломеханическая часть). -2-е изд., стереотип. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2001.- 480 с.: ил.
35. Прокопенко А.Г., Мысак И.С. Стационарные, переменные и пусковые режимы энергоблоков ТЭС. - М.: Энергоатомиздат, 1990. - 317с.
36. Доброхотов В.И., Жгулев Г.В. Эксплуатация энергетических блоков. - М.: Энергоатомиздат, 1987.- 256с.
37. Капелович Б.Э. Эксплуатация паротурбинных установок. - М.: Энергоатомиздат, 1985.- 304с.

Заведующий кафедрой АТЭС

А.С. Матвеев