

**Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования**

РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ДРУЖБЫ НАРОДОВ

ИНЖЕНЕРНАЯ АКАДЕМИЯ

ПРИНЯТА
Ученым Советом
Инженерной академии
Протокол № 2022-08/22-03/2 от 25.03.2022

ПРОГРАММА

вступительного испытания в аспирантуру

группы специальностей

2.4 «ЭНЕРГЕТИКА И ЭЛЕКТРОТЕХНИКА»

Специальность:

2.4.7 «Турбомашины и комбинированные двигатели»

Программа вступительных испытаний по специальной дисциплине для поступающих в аспирантуру по группе специальностей 2.4 «Энергетика и электротехника» специальность 2.4.7 «Турбомашины и поршневые двигатели» составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта к обязательному минимуму, необходимому для полноценной подготовки кадров высшей квалификации по данному направлению.

Программа вступительных испытаний по специальной дисциплине для поступающих в аспирантуру по группе специальностей 2.4 «Энергетика и электротехника» предназначена для подготовки к сдаче вступительного экзамена по специальности 2.4.7 «Турбомашины и поршневые двигатели».

Программа содержит примерный перечень вопросов по научной специальности, список литературы, необходимой для подготовки к сдаче вступительного экзамена.

Кандидат на поступление в аспирантуру должен иметь диплом о высшем образовании (специалитет, магистратура) по выбранной, родственной или профильной специальности.

Поступающий должен иметь подготовку в области организации научно-исследовательской работы, методики проведения и обработки результатов эксперимента, знать физико-математические основы специальности; проявлять системный подход к процессам и явлениям.

ОСНОВНЫЕ РАЗДЕЛЫ ПРОГРАММЫ

1. Двигатели внутреннего сгорания как источники энергии. История развития двигателестроения. Характеристика двигателей внутреннего сгорания как источников энергии. Области применения и элементы классификации двигателей.
2. Термодинамические циклы поршневых и комбинированных двигателей. Основные термодинамические понятия. Работа, совершаемая в цилиндре поршневого двигателя. Реальный и термодинамический циклы, сравнение.
3. Цикл Карно, прямой цикл, обратный цикл, холодильный и отопительный. Цикл Отто. Цикл Дизеля. Цикл Тринклера.
4. Сравнительный анализ термодинамических циклов поршневых двигателей. Термодинамические циклы комбинированных двигателей. Термодинамический цикл комбинированного двигателя с импульсной турбиной. Термодинамический цикл комбинированного двигателя с турбиной постоянного давления.
5. Показатели эффективности двигателя. Показатели экономичности. Показатели совершенства конструкции. Показатели токсичности выпускных газов.
6. Принципы регулирования мощности и частоты вращения.
7. Рабочие процессы двигателей. Рабочие процессы 4-тактного двигателя с

искровым зажиганием. Рабочие процессы четырехтактного дизеля. Рабочие процессы двухтактного двигателя.

8. Энергетический баланс, экономические, энергетические и экологические показатели двигателя. Литровая мощность и методы форсирования двигателей. Параметры напряженности. Массогабаритные и экологические показатели. Понятие о характеристиках и эксплуатационных режимах работы двигателей.
9. Топлива и рабочие тела поршневых двигателей. Топлива и их свойства.
10. Общая характеристика топлив для поршневых двигателей. Автомобильные бензины. Дизельные топлива. Топлива из альтернативных ресурсов (не нефтяные топлива). Газообразные топлива. Синтетические топлива. Кислородосодержащие соединения. Водотопливные эмульсии.
11. Реакции окисления и продукты сгорания. Элементный состав топливовоздушной смеси. Полное окисление (сгорание) топлива. Неполное окисление (сгорание) топлива. Коэффициент избытка воздуха. Количество свежего заряда и теплота сгорания топливо-воздушной смеси.
12. Состав и количество продуктов сгорания. Теплофизические и термодимические свойства топлив и продуктов сгорания. Процессы действительных циклов. Процессы газообмена.
13. Процесс выпуска и газообмен в период перекрытия клапанов. Процесс впуска. Фазы газораспределения. Газообмен в двухтактных двигателях. Параметры и показатели процессов газообмена. Влияние различных факторов на процессы газообмена.
14. Процесс сжатия. Процесс сгорания. Основные понятия и закономерности горения. Распространение волны горения в объеме. Влияние смешения на процесс сгорания. Критические явления при сгорании.
15. Механизм образования некоторых токсичных веществ в пламени. Процессы смесеобразования в двигателях с искровым зажиганием. Образование гомогенной смеси.
16. Особенности смесеобразования в газовых двигателях. Образование расслоенных зарядов. Нарушения процесса сгорания в двигателях с искровым зажиганием. Влияние различных факторов на сгорание в двигателях с искровым зажиганием.
17. Процессы смесеобразования и сгорания в дизелях. Впрыскивание и распиливание. Смесеобразование и тепловыделение. Фазы процесса сгорания. Процесс расширения.
18. Индикаторные и эффективные показатели. Влияние различных факторов на индикаторные показатели дизеля. Влияние различных факторов на индикаторные показатели двигателя с искровым зажиганием. Влияние различных факторов на индикаторную мощность и момент. Расчет индикаторных показателей.
19. Механические потери. Эффективные показатели. Механические потери и механический КПД. Эффективные показатели двигателей.

20. Тепловые нагрузки на детали двигателя и их тепловая напряженность. Тепловой баланс двигателя. Тепловые нагрузки на детали и их тепловая напряженность.
21. Системы питания двигателей. Системы топливоподачи двигателей с искровым зажиганием. Системы впрыскивания бензина. Карбюраторные системы. Системы подачи газа.
22. Топливные системы дизелей. Основные функции и типы топливных систем дизелей. Топливные насосы высокого давления. Форсунки. Насос-форсунки. Аккумуляторные топливные системы. Характеристики топливоподачи и их корректирование.
23. Системы наддува. Системы наддува с турбокомпрессором. Способы подвода газа к турбине. Охлаждение наддувочного воздуха. Регулирование турбонаддува. Совместная работа двигателя с агрегатами наддува.
24. Топливо, моторные масла и охлаждающие жидкости для двигателей. Применение в двигателях внутреннего сгорания газовых и других топлив не нефтяного происхождения. Применение топлив растительного происхождения. Применение спиртов. Применение диметилэфира. Применение газообразных топлив. Применение природного газа. Применение водорода.
25. Экологические характеристики двигателей внутреннего сгорания. Акустические показатели двигателей. Снижение шума двигателей. Токсичность отработавших газов. Образование токсичных веществ.
26. Нормируемые токсичные вещества. Нормирование токсичности отработавших газов двигателей с искровым зажиганием. Снижение токсичности отработавших газов двигателей с искровым зажиганием. Нормирование токсичности и дымности отработавших газов дизелей. Снижение токсичности и дымности отработавших газов дизелей.
27. Характеристики двигателей. Регулировочные характеристики. Регулировочная характеристика двигателя с искровым зажиганием по составу смеси. Регулировочная характеристика по углу опережения зажигания. Регулировочная характеристика дизеля по углу опережения впрыскивания.
28. Нагрузочные характеристики. Нагрузочная характеристика двигателя с искровым зажиганием. Нагрузочная характеристика дизеля.
29. Скоростные характеристики. Скоростная характеристика двигателя с искровым зажиганием. Внешняя скоростная характеристика дизеля.
30. Формирование внешней характеристики. Многопараметровые характеристики двигателя.
31. Управление двигателем. Двигатель как объект управления. Требования к двигателю и управление его работой. Особенности двигателя как объекта управления. Основные принципы автоматического управления. Автоматическое регулирование частоты вращения. Устойчивость режима работы двигателя. Автоматические регуляторы частоты вращения. Статика автоматического регулирования частоты вращения. Электронное управление двигателем. Организация электронного управления работой двигателя.

32. Формирование управления работой двигателя. Многопараметрическое управление двигателем. Адаптация и калибровка электронной системы управления.
33. Диагностирование двигателя. Понятие о диагностировании двигателя. Формирование диагностических параметров двигателя. Бортовое диагностирование электронной системы управления двигателем.
34. Основные механизмы и системы двигателей. Корпус двигателя. Поршневая группа. Шатун. Коленчатый вал.
35. Механизм газораспределения. Детали механизма газораспределения.
36. Агрегаты воздухообеспечения. Компрессоры. Газовая турбина. Турбокомпрессор. Охлаждатели воздуха.
37. Системы двигателей. Впускная и выпускная системы. Топливные системы двигателей с принудительным воспламенением. Топливные системы дизелей.
38. Топливные системы газовых двигателей. Системы зажигания. Системы смазки. Системы охлаждения.
39. Пуск двигателей. Фильтрация воздуха. Глушение шума. Нейтрализация выпускных газов. Регулирование двигателей.
40. Кинематика и динамика кривошипно-шатунного механизма. Кинематика дезаксиального и аксиального кривошипно-шатунных механизмов рядного двигателя. Кинематика дезаксиального и аксиального кривошипно-шатунных механизмов с прицепным шатуном и определение их основных размеров.
41. Силы и моменты в одноцилиндровом двигателе. Силы и моменты в многоцилиндровом рядном двигателе. Силы и моменты в V-образных многоцилиндровых двигателях. Крутящий момент в двигателях с механической связью коленчатого вала с валом турбины.
42. Неравномерность хода двигателя, подбор маховика. Неуравновешенность сил и моментов, действующих в двигателях, и их балансировка. Балансировка одноцилиндровых двигателей. Балансировка многоцилиндровых двигателей. Оптимизация числа и формы противовесов.
43. Динамическая балансировка деталей и остаточный дисбаланс. Внутренняя неуравновешенность двигателя.
44. Кинематика и динамика механизма газораспределения. Схемы механизмов газораспределения и кинематика привода клапанов. Кинематика механизма привода клапанов. Силы, действующие в механизме газораспределения. Профилирование кулачков.
45. Назначение и требование к турбомашинам в ГТД и ГТУ.
46. Цикл Брайтона
47. Регенеративный цикл
48. Классификация осевых компрессоров
49. Схема и параметры ступени, лопаточной решетки и профиля. Планы скоростей ступени.

50. Силовое взаимодействие лопаток с воздухом.
51. Основные параметры ступени, потери энергии в ней и КПД.
52. Работа сжатия в многоступенчатом компрессоре и его КПД.
53. Основы проектирования проточной части компрессора.
54. Запас устойчивой работы компрессоров и их регулирование.
55. Принцип действия и рабочие процессы в ступени турбины. Планы скоростей, активные и реактивные ступени.
56. Одноступенчатые и многоступенчатые турбины
57. Аэродинамические основы теории турбомашин.
58. Особенности рабочего процесса в охлаждаемых ступенях турбины.
59. Построение формы профиля лопатки и межлопаточного канала.
60. Эффективность рабочего процесса турбин
61. Конструкция узлов и деталей компрессоров
62. Конструкция узлов и деталей турбин
63. Расчет граничных условий теплообмена со стороны газа и охлаждающего воздуха.
64. Способы интенсификации охлаждения турбинных лопаток ГТД и ГТУ.
65. Расчет и проектирование охлаждаемых поверхностей с пристенной интенсификацией теплообмена.
66. Расчет и конструирование систем пленочного охлаждения горячих деталей ГТД и ГТУ.
67. Системы охлаждения ГТД и ГТУ на основе дискретно-проницаемых стенок (ДПС).
68. Термобарьерные покрытия охлаждаемых деталей ГТД и ГТУ.
69. Основы расчета гидравлического сопротивления систем охлаждения.
70. Особенности компьютерного проектирования охлаждаемых ГТД и ГТУ.
71. Основы расчета температурного состояния охлаждаемых деталей ГТД и ГТУ.
72. Оптимизация конструкции охлаждаемых деталей ГТД и ГТУ.
73. Силы, действующие в энергоустановке. Характеристики энергетических машин. Установившиеся и неустойчивые режимы, их изображение на характеристиках. Прямое и непрямоe регулирование. Регулятор, усилитель, командующий орган.
74. Центробежные и гидродинамические регуляторы, характеристики регуляторов. Поддерживающая сила центробежного регулятора. Силовая характеристика муфты.
75. Коэффициент неравномерности, коэффициент нечувствительности регулятора, их изображение на характеристиках. Перестановочная сила, сила собственного трения. Полный коэффициент неравномерности.

Работоспособность регулятора.

76. Непрямое регулирование и способы его осуществления. Виды усилителей.
77. Усилители с отсечными золотниками. Назначение усилителей. Усилители двойного действия. Струйный усилитель. Усилители с дроссельными золотниками. Уравнение расхода. Следящее звено. Гидравлические регуляторы и трансформаторы. Гидравлическая пружина. Коэффициенты дросселирования жидкости. Уравнение Бернулли. Силы трения в усилителях и способы их минимизации. Виды золотников. Расчет усилителей.
78. Регулирование воздушно-реактивных двигателей.
79. Регулируемые параметры и регулирующие факторы. Программы регулирования основных режимов. Построение линии совместных режимов работы компрессора и турбины на характеристике. Способы расширения диапазона устойчивой работы компрессора. Запас устойчивой работы компрессора по помпажу.
80. Уравнение движения ГТД как объекта регулирования.
81. Элементы систем питания и автоматических устройств.

Рекомендуемая литература

а) основная литература

1. Шароглазов Б.А., Шишков В.В. Поршневые двигатели: теория, моделирование и расчет процессов: учебник для вузов / Шароглазов Б.А., Шишков В.В.; ред. Шароглазов Б.А. ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Южно-Уральский гос. ун-т. - Челябинск : Издат. центр ЮУрГУ, 2011. - 524 с
2. Конструирование двигателей внутреннего сгорания: Учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности "Двигатели внутреннего сгорания" направления подготовки "Энергомашиностроение" / Н.Д. Чайнов, Н.А. Иващенко, Л.Л. Мягков и др. Под ред. Н.Д. Чайнова, 2-е изд. — М.: Машиностроение, 2011. — 496 с.
3. Автомобильные двигатели. Курсовое проектирование: учеб. пособие для студ. учреждений высш. проф. образования/М.Г. Шатров, И.В. Алексеев, С.Н. Богданов и др.; под ред. М.Г. Шатрова — 2-е изд., испр. — М.: Издательский центр «Академия», 2012. — 256 с.
4. Левашова А.И., Ивашкина Е.Н., Маслов С.Г. Введение в химмотологию: Уч. пособие.-Томск, ТПУ, 2012. — 120 с.
5. Двигатели внутреннего сгорания. Т. IV-14 / Л.В. Грехов, Н.А. Иващенко, В.А. Марков и др.; Под общ. ред. А.А. Александрова и Н.А. Иващенко. - М.: Машиностроение, 2013 .- 784 с.
6. Газотурбинные энергетические установки: учебное пособие для вузов / С.В. Цанев, В.Д. Буров, А.С. Земцов, А.С. Осыка; под ред. С.В. Цанева. — М.: Издательский дом МЭИ, 2011. — 428 с.
7. Стерман Л.С., Ладыгин В.М., Тишин С.Г. Тепловые электрические станции.

М.: Издательский дом МЭИ, 2010.

8. Теплотехника: учебник для вузов / Александров А.А., Архаров А.М., Архаров И.А. [и др.]; общ. ред. Архаров А.М., Афанасьев В.Н. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2016. 876 с.
9. Теория тепломассообмена. Учебник для вузов (под ред. А.И. Леонтьева) 2-е изд. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2017.

б) дополнительная литература

1. Гусаков С.В., Савастенко А.А. Введение в теорию рабочих процессов ДВС в вопросах и ответах (учебно-методическое пособие). Изд-во РУДН, 2002, 16с.
2. Двигатели внутреннего сгорания: Динамика и конструирование / В.Н. Луканин, И.В. Алексеев, М.Г. Шатров и др.; Под ред. В.Н. Луканина и М.Г. Шатрова. - М.: Выс. школа, 2005. 400 с.
3. Двигатели внутреннего сгорания: Теория поршневых и комбинированных двигателей. - II том, системы двигателей - IV том. Учебники для вузов по специальности «Двигатели внутреннего сгорания» под ред. А.С. Орлина, М.Г. Круглова - 4-е изд. переработ. -М.: Машиностроение, 1983 - 84.
4. Двигатель внутреннего сгорания: Конструирование и расчет на прочности поршневых и комбинированных двигателей / Под ред. А.С. Орлина, М.Г. Круглова. М.: Машиностроение, 1984. 384 с.
5. Емельянов В.Е., Крылов И.Ф. Автомобильный бензин и другие виды топлива: свойства, ассортимент, применение. – М.: Астрель: АСТ: Профиздат, 2005. – 207с.
6. Крамаренко Г.В. Техническая эксплуатация автомобилей. М.: «Транспорт». 1983.
7. Кузнецов А.В. Топливо и смазочные материалы. Серия: Учебники и учебные пособия для студентов высших учебных заведений. – Изд-во: Колос, 2004. – 200с.
8. Грехов Л.В., Иващенко Н.А., Марков В.А. Топливная аппаратура и системы управления дизелей. Учебник для вузов. - М.: Легион. Автодата, 2004. 344 с. Рекомендуемые с.: 6-126
9. Патрахальцев Н.Н., Шкаликова В.П. Топлива, рабочие тела и их свойства. Задачи и решения. Учеб. пособие. – М.: Изд-во РУДН, 2002. – 67 с.
10. Попык К.Г. Конструирование и расчет автомобильных и тракторных двигателей. М.: Высшая школа, 1973. 400 с.
11. Устройство и работа поршневых и комбинированных двигателей. Под редакцией А.С. Орлина и М.Г. Круглова. М.: Машиностроение, 1980.-288 с.
12. Теория и проектирование газотурбинных и комбинированных установок: Учебник для вузов / Ю.С Елисеев, Э.А. Манушин, В.Е. Михальцев и др. – 2-е изд., М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2000. – 640с.
13. Гриценко Е.А., Данильченко В.П., Лукачев С.В., Резник В.Е., Цибизов Ю.И. Конвертирование авиационных ГТД в газотурбинные установки наземного применения – Самара: СНЦ РАН, 2004. – 266с.

14. Трухний А.Д., Ломакин Б.В. Теплофикационные паровые турбины и турбоустановки: Учебное пособие. М.: Изд-во МЭИ, 2001, 540с.
15. Цанев С.В. Газотурбинные и парогазовые установки тепловых электростанций: Учебное пособие / С.В. Цанев, В.Д. Буров, А.Н. Ремезов. М.: Изд-во МЭИ, 2002, 580с.
16. Теплообменные аппараты и систем охлаждения газотурбинных и комбинированных установок: Учебник для вузов / В.Л. Иванов, А.И. Леонтьев, Э.А. Манушин, М.И. Осипов.- 2-е изд., - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. – 592с.
17. Кириллов И.И. Автоматическое регулирование паровых турбин и газотурбинных установок. Ленинград, «Машиностроение», 1988.

ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ

Вступительные испытания по специальной дисциплине при приеме на обучение по программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по группе специальностей 2.4 «Энергетика и электротехника» специальность 2.4.7 «Турбомашин и поршневые двигатели» проводятся в форме теста, формируемого электронной системой сопровождения экзаменов (ЭССЭ) методом случайной выборки заданий из подготовленного банка тестовых заданий, с автоматической проверкой ЭССЭ правильности выполненных заданий (компьютерный тест).

Компьютерный тест состоит из 50 вопросов с множественным выбором ответа: с выбором одного правильного ответа из множества, вопросы на соответствия. На выполнение всего теста отводится 100 минут.

Тест оценивается из расчета 100 баллов. Для вопросов с выбором одного правильного ответа и вопросов на соответствия: за правильный ответ начисляется 2 балла, за неправильный - ноль.