

ПЕРВОЕ ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ РОССИИ



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования**

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

**ПРОГРАММА
ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ
ПО СПЕЦИАЛЬНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ
«ЭЛЕКТРО- И ТЕПЛОТЕХНИКА»,**

**соответствующей направлению подготовки научно-педагогических
кадров в аспирантуре**

13.06.01 Электро- и теплотехника

совокупности программ аспирантуры с направленностями (профилями)

05.09.03 ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ И СИСТЕМЫ

05.14.04 ПРОМЫШЛЕННАЯ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ

2020

Программа вступительного испытания по специальной дисциплине, соответствующей направлению подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре 13.06.01 Электро- и теплотехника, совокупности программ аспирантуры с направленностями (профилями): 05.09.03 Электрические комплексы и системы, 05.14.04 Промышленная теплоэнергетика, разработана на основании федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования уровней магистратуры и специалитета. Программа вступительного испытания одобрена на Совете электромеханического факультета.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ПРОГРАММЕ ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ ПО СПЕЦИАЛЬНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ «ЭЛЕКТРО- И ТЕ- ПЛОТЕХНИКА»

Основной целью вступительного испытания в аспирантуру по специальной дисциплине является выявление компетенций в различных областях, таких как:

- понимание методологических основ дисциплины;
- знание общих основ электротехники, электромеханики, электроснабжения;
- знание фундаментальных понятий и принципов функционирования электротехнических комплексов и систем;
- знание научно-методологических и методических основ исследования, проектирования и эксплуатации электротехнических комплексов;
- знание современных методов обработки, систематизации и интерпретации результатов исследования электротехнических комплексов на математических и физических моделях;
- знание энергосберегающих методов производства, распределения и потребления электроэнергии в электротехнических комплексах;
- знание основных закономерностей и методов исследования энергетических и динамических процессов в электротехнических комплексах с учётом специфики характеристик машин и механизмов;
- знание основных закономерностей и методов исследования процессов тепломассобмена, горения топлива и промышленной энергетики.

СОДЕРЖАНИЕ ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ ПО СПЕЦИАЛЬНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ «ЭЛЕКТРО- И ТЕПЛОТЕХНИКА»

На вступительном испытании соискатель должен продемонстрировать основные компетенции, сформированные в результате освоения учебных дисциплин в высшем учебном заведении по программам специалитета, магистратуры.

Поступающий в аспирантуру должен:

знать особенности построения и функционирования электротехнических комплексов и систем и высказывать обоснованные суждения об их характеристиках и практическом использовании;

знать структуру, состав, технические требования к электротехническим комплексам и системам производственных машин и механизмов различного назначения;

знать уравнения состояния газа, первый закон термодинамики, газовые процессы, второй закон термодинамики, реальные газы, водяной пар, циклы компрессоров и тепловых двигателей, циклы холодильных машин, законы пе-

реноса теплоты и масс, теплопроводность через стенки, теплообмен при конвекции и фазовых превращениях, теплообмен излучением, уметь выполнять расчеты теплообменных аппаратов;

знать характеристики энергетических топлив, уравнения сгорания и физико-химические основы горения топлива, процессы сгорания жидкого, газообразного и твердого топлива, теплоснабжение предприятий и экономия энергоресурсов, методы снижения энергопотерь и вредных выбросов в окружающую среду;

знать термодинамические, тепломассообменные и гидродинамические процессы в котельных установках, тепловых двигателях и нагнетателях, принципы построения и особенности функционирования систем теплоснабжения промышленных предприятий;

уметь делать обоснованные выводы о методах и алгоритмах эффективного управления электротехническими комплексами и системами;

уметь оценивать энергоэффективность электротехнических комплексов и систем и давать рекомендации по рациональному использованию электротехнического оборудования.

1. РАЗДЕЛЫ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ И СИСТЕМ, РАССМАТРИВАЕМЫЕ В ХОДЕ ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ

1.1. Введение.

Назначение, основные типы электротехнических комплексов и систем для обеспечения производственных технологических процессов. Основные технические требования по статике и динамике механических и электро-магнитных процессов в электрооборудовании и электромеханических комплексах. Понятия и требования по обеспечению электробезопасности, электромагнитной и электромеханической совместимости.

1.2. Электроснабжение и энергоэффективность электромеханических комплексов и систем

Требования и ряды напряжений питания электротехнических комплексов. Системы электроснабжения, структуры, состав. Защиты в системах электроснабжения. Требования и нормы по сопротивлению изоляции, системам заземления. Основы электромагнитной совместимости в сетях с нелинейными нагрузками. Методы обеспечения электромагнитной совместимости. Пассивные и активные фильтры.

1.3. Механические переходные процессы и механические характеристики электроприводов

Уравнения динамики механических процессов привода. Моменты инерции. Приведение моментов и моментов инерции к валу двигателя.

Основные типы статических нагрузок механизмов. Механические характеристики типовых механизмов.

1.4. Состав и структура электроприводов с различными типами электродвигателей

Электроприводы постоянного тока. Асинхронные электроприводы. Синхронные электроприводы. Электроприводы с использованием специальных двигателей (индукторные, шаговые).

Методы регулирования частоты вращения, механические характеристики электроприводов.

1.5. Методы, структуры и алгоритмы управления электроприводами

Алгоритмы логического управления. Дискретные системы логического программного управления. Алгоритмы оптимального управления координатами электропривода. Модальное управление. Синтез оптимальных регуляторов. Структуры подчиненного регулирования. Технические средства реализации систем логического управления.

1.6. Особенности и законы управления электроприводами переменного тока

Асинхронный электропривод. Законы частотного управления. Механические характеристики. Скалярное и векторное управление асинхронным приводом. Принципы преобразования координат и структура векторного управления.

Электроприводы с синхронными двигателями. Пуск и регулирование частоты вращения синхронных двигателей. Энергетические характеристики регулируемых электроприводов

1.7. Силовая электроника и полупроводниковые коммутаторы

Управляющие элементы силовой электроники. Типы и характеристики статических полупроводниковых преобразователей. Управляемые выпрямители. Активные выпрямители. Преобразователи частоты. Системы управления полупроводниковыми коммутаторами. Формирование формы кривой напряжения на выходе коммутатора.

1.8. Системы автоматического управления и алгоритмы САУ электромеханическими комплексами

Математическое описание и синтез САУ для линеаризованных объектов управления. Дискретные САУ. Разностные уравнения. Синтез алгоритмов управления дискретными системами. Требования к быстродействию вычислительных управляющих устройств.

1.9. Аппаратные средства реализации систем управления

Релейно-контакторные системы. Аналоговые САУ. Унифицированная блочная система регулирования (УБСР).

Микропроцессорные средства реализации алгоритмов САУ. Особенности и программное обеспечение.

1.10. Методы математического моделирования электротехнических комплексов и систем

Управление процессами в обобщенной электрической машине. Математическое описание электромашиноинвентильных систем с полупроводниковыми коммутаторами.

Принципы и методы анализа процессов в электротехнических комплексах с использованием программных средств Matlab и Mahtcad.

1.11. Электромеханическая совместимость в электротехнических комплексах, включающих электроприводы с полупроводниковыми коммутаторами

Понятие электромеханической совместимости. Влияние полупроводниковых преобразователей на характеристики двигателей.

Технические и алгоритмические средства обеспечения электромеханической совместимости.

1.12. Энергосбережение и энергоэффективность электротехнических комплексов и систем

Рациональные схемы электроснабжения и распределения электроэнергии. Оценка и средства повышения коэффициента мощности и коэффициента нелинейных искажений. Электросбережение средствами электропривода. Оценка эффекта энергосбережения для комплексов турбомеханизмов.

1.13. Особенности структуры, состава и алгоритмов управления для машин и механизмов горной промышленности

Требование к электроприводам экскаваторов, подъёмных машин, буровых объектов, комбайнов. Рациональные структуры и алгоритмы энергоэффективного управления электротехническими комплексами.

1.14. Особенности структуры, состава и алгоритмов управления для машин и механизмов нефтегазовой промышленности

Требование к электротехническим комплексам буровых установок, насосов, газонагнетателей, технических средств освоения шельфа. Рациональные структуры и алгоритмы энергоэффективного управления электротехническими комплексами.

РЕКОМЕНДАТЕЛЬНЫЙ БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК К РАЗДЕЛУ 1

Основная литература

1. М.П.Белов, О.И. Зементов, А.Е. Козярук и др., Инжиниринг электроприводов и систем автоматизации. М.: Академия, 2006 г.
2. Н.Ф. Ильинский, Основы электропривода. М.: Издательство МЭИ, 2000 г.
3. С.А. Ковчин, Ю.А. Сабинин, Теория электропривода. СПб: Энергоатомиздат, 1994 г.
4. И.Я. Брославский, Э.Ш. Ишматов, В.Н. Поляков, Энергосберегающий асинхронный электропривод. М.: Академия, 2004 г.
5. Б.Г. Меньшов, М.С. Ершов, А.Д. Яризов, Электротехнические установки и комплексы в нефтегазовой промышленности. М.: Недра, 2000 г.

Дополнительная литература

1. Б.И. Фираго, Л.Б. Павлячик, Регулируемые электроприводы переменного тока. Минск. ЗАО «Техноперспектива», 2006 г.
2. А.В. Ляхомский, В.Н. Фащенко, Управление электромеханическими системами горных машин. М.: МГГУ, 2004 г.
3. Энергосбережение и автоматизация электрооборудования компрессорных станций. ОАО «Гипрогазцентр», Нижний Новгород, 2010 г.
4. А.Е. Козярук, В.В. Рудаков, Прямое управление моментом в электроприводе переменного тока машин и механизмов горного производства. СПб: СПГТМ, 2008 г.

2. РАЗДЕЛЫ ПРОМЫШЛЕННОЙ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКИ, РАССМАТРИВАЕМЫЕ В ХОДЕ ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ

2.1. Техническая термодинамика

2.1.1. Уравнения состояния газа. Первый закон термодинамики

Термодинамическая система и ее взаимодействие с окружающей средой. Параметры состояния. Равновесное и неравновесное состояние. Законы идеальных газов. Изопараметрические термодинамические процессы. Газы и газовые смеси, уравнение состояния Клапейрона-Менделеева. Теплоемкость, зависимость теплоемкости от температуры и термодинамического процесса. Теплоемкость смеси газов. Работа, теплота, внутренняя энергия. Первый закон термодинамики. Энтальпия. Энтропия. p - v и t - s диаграммы.

2.1.2. Второй закон термодинамики

Термодинамические циклы. Второй закон термодинамики. Теорема Карно. Прямой и обратный термодинамические циклы. Термический КПД. Эксергия, теорема Гюй-Стодолы. Эксергия теплоты и потока, эксергетический КПД.

2.1.3. Реальные газы, водяной пар. Истечение газа и пара через сопла

Термодинамические свойства реальных газов. Фазовые переходы. Теплота фазовых переходов. Характеристики и процессы водяного пара. p - v , t - s и h - s диаграммы водяного пара. Процессы в реальных газах и парах. Влажный воздух, параметры влажного воздуха. Уравнение первого закона для потока рабочего тела. Истечение газа и пара через сопла. Дросселирование, эффект Джоуля-Томсона.

2.1.4. Циклы компрессоров и тепловых двигателей. Циклы холодильных машин

Термодинамический анализ процессов в компрессорах. Теоретическая и индикаторная диаграммы компрессора, их изображение в p - v , t - s координатах. Многоступенчатое сжатие в компрессорах. Циклы двигателей внутреннего сгорания (ДВС). Сравнение термических КПД циклов ДВС. Индикаторная и эффективная мощность двигателя. Удельный, индикаторный и эффективный расходы топлива. Циклы газотурбинных установок (ГТУ). Циклы паротурбинных установок. Циклы ПТУ с промежуточным перегревом и регенеративным подогревом. Термодинамические основы теплофикации. Установки с противодавленческими турбинами и турбинами с регулируемым теплофикационным отбором пара. Схема и цикл воздушной холодильной установки. Схема и цикл парокомпрессионной холодильной установки. Принцип работы абсорбционной холодильной установки. Принцип действия теплового насоса.

2.2 Теория теплообмена

2.2.1. Теплопроводность

Теплопроводность, закон Фурье. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Теплопроводность при стационарном режиме и граничных условиях первого рода для плоской и цилиндрической стенок. Теплопроводность плоской и цилиндрической стенок при стационарном режиме и граничных условиях третьего рода. Регулирование интенсивности теплопередачи. Критическая толщина изоляции. Теплопроводность при наличии внутренних источников теплоты. Нестационарная теплопроводность

2.2.2. Конвективный теплообмен

Основы теории подобия. Опытное и расчетное определение коэффициента теплоотдачи. Теплоотдача при свободной конвекции. Теплоотдача при вынужденном движении жидкости. Теплообмен при кипении и конденсации жидкости.

2.2.3. Теплообмен излучением.

Основные законы теплового излучения. Лучистый теплообмен между твердыми телами, в газовых средах, между газом и стенкой. Экранирование тел. Процессы сложного теплообмена.

2.2.4. Расчеты теплообменных аппаратов.

Типы теплообменных аппаратов. Расчетные зависимости рекуперативных аппаратов. Сравнение прямотока и противотока, учет тепловых потерь. Виды теплового расчета теплообменных аппаратов.

2.3. Топливо и теория горения.

2.3.1. Характеристики энергетических топлив.

Виды органических топлив, применяемых в теплоэнергетике. Состав и характеристики твердого, жидкого и газового топлива. Условное топливо и виды искусственных топлив.

2.3.2. Уравнения сгорания и физико-химические основы горения топлива.

Стехиометрические соотношения горения компонентов топлива. Количество воздуха теоретически необходимое для полного сжигания топлива. Коэффициент избытка воздуха. Объемы и состав продуктов сгорания. Уравнения полного и неполного сгорания. Уравнения теплового баланса процесса горения. Тепловые и температурные характеристики продуктов сгорания.

Общая характеристика процесса сгорания. Элементы кинетики реакций горения: параметры смесей и реакций, скорость и теплота реакции, закон Аррениуса и константа равновесия. Цепная теория процесса сгорания. Тепловое самовоспламенение. Возникновение и распространение пламени. Ламинарное, диффузионная и турбулентная зоны горения факела. Стабилизация пламени и процесса сгорания.

2.3.3. Процессы сгорания жидкого, газообразного и твердого топлива

Процессы распыливания и испарения топлива. Образование рабочей смеси, ее воспламенение и горение. Образование оксидов азота, оксидов углерода, различных углеводородов, сажи, оксидов серы и других соединений. Расчет процесса горения топлива. Материальный и тепловой балансы процесса горения. Способы интенсификации сжигания топлива. Технология газификации твердого топлива.

2.4. Промышленная теплоэнергетика.

2.4.1 Котельные установки.

Материальный и тепловой балансы котельных установок при сжигании газового, жидкого, твердого топлив. Конструкции, выбор и расчет топочных устройств. Аэродинамические расчеты котельной установки, выбор тягодутьевого оборудования. Тепловые расчеты воздухоподогревателя, экономайзера, пароперегревателя и температурного режима поверхностей нагрева.

2.4.2 Тепловые двигатели и нагнетатели.

Передача энергии от нагнетателя к рабочему телу, уравнение Эйлера. Неустойчивость работы центробежных насосов, явление помпажа. Поршневые насосы, принципы действия, индикаторная диаграмма. Теория турбинной ступени.

2.4.3 Теплоснабжение предприятий

Принципы и схемы теплоснабжения. Централизованное и децентрализованное теплоснабжение. Закрытые и открытые системы теплоснабжения, области использования, достоинства и недостатки. Зависимое и независимое присоединение теплопотребителей к тепловым сетям. Трехтрубные водяные системы теплоснабжения, связь со структурой тепловой нагрузки. Использование аккумуляторов горячей воды в абонентских установках при замкнутых и открытых системах теплоснабжения. Пьезометрический график. Гидравлический и тепловой расчеты теплотрасс. Методы учета и контроля расходы теплоты.

2.4.4 Снижение энергопотерь и вредных выбросов в окружающую среду

Методы и критерии оценки эффективности использования энергии. Методы энергосбережения при производстве теплоты. Энергосберегающие технологии на промышленных предприятиях. Использование теплоты низкого потенциала тепловыми насосами, детандер-генераторными, тепловыми трубами. Системы аккумулирования теплоты. Определение объемов выхода и экономии от использования ВЭР. Источники вторичных энергоресурсов (ВЭР). Утилизация теплоты отработавших газов, испарительного охлаждения, технологических продуктов и отходов производства. Схемы теплообменников и котлов - утилизаторов.

Виды токсичных газов выбросов и доли выбросов в окружающую среду отраслями промышленности. Очистка газовых выбросов от золы, пыли и твердых частиц. Уменьшение токсичных выхлопных газов тепловых двигателей. Тепловое загрязнение водоемов и атмосферы.

РЕКОМЕНДАТЕЛЬНЫЙ БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК К РАЗДЕЛУ 2

Основная литература

1. Теплотехника. Под. Ред. В. Н. Луканина. - 5-е изд., испр. - М.: Высшая школа, 2005. - 571 с.
2. Михеев М.А. Основы теплопередачи. - Минск: Высшая школа А, 2010. - 320 с.
3. Теплотехника: Учеб. для вузов / А. П. Баскаков, Б.В. Берг, О.К. Витт и др.; Под ред. А. П. Баскаков. - 3-е изд., перераб. И доп. - М.: ООО «ИД «БАС-ТЕТ», 2010. - 328 с.

4. Теплотехника [электронное издание]: учебник / В.В. Андреев, В.А. Лебедев, Б.И. Спесивцев.- СПб.: Горный университет, № госрегистрации -0321601812, 2016. Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/71706.html>

5. Лебедев В.А. Теплоэнергетика [Электронный ресурс] : учебник / В.А. Лебедев. — Электрон. текстовые данные. — СПб. : Санкт-Петербургский горный университет, 2017. — 371 с. — 978-5-94211-794-8. — Режим доступа: http://irbis.spmi.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=400&task=set_static_req&bns_string=NWPIB,ELC,ZAPIS&req_irb=<.>I=31%2E36%2F%D0%9B%2033%2D570958467<.

Дополнительная литература

1. Тепломассообмен. Учебное пособие для вузов./Ф.Ф. Цветков, Б.А. Григорьев. 2-е изд., испр. и доп. - М.: Издательство МЭИ, 2006. - 550 с., ил.

2. Бельский А.П., Лакомкин В.Ю. Специальные вопросы тепломассообмена в энергетических и теплотехнологических процессах и установках: учебное пособие. - Изд. 2-е, испр. и доп. - ГОУ ВПО СПбГТУРП. - СПб., 2011. - 98 с.

3. Сапожников С.З. Китанин Э.Л. Техническая термодинамика и теплопередача: Учебник для вузов. - СПб.: Изд-во СПбГТУ, 1999. - 319 с.

4. Теплотехника. Учебник. /А.М. Архаров и [др.] – 3-е изд., – М.: Энергия, 2011. - 196 с.

5. Ляшков В.И. Теоретические основы теплотехники: Учебное пособие. - Москва. Издательство "Машиностроение", 2005. - 260 с.