

Программа вступительного испытания по специальности основной образовательной программы высшего образования – программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре

1.3.14 Теплофизика и теоретическая теплотехника

1. Область применения и нормативные ссылки

Программа вступительного испытания сформирована на основе федеральных государственных требований и регламентирована Правилами приема на обучение по образовательным программам высшего образования – программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института проблем безопасного развития атомной энергетики РАН.

2. Рекомендуемая структура вступительного испытания

1. Экзаменационные билеты из перечня вопросов, представленных в программе вступительного испытания.
2. Устные ответы на три вопроса из списка экзаменационных вопросов, с составлением письменного тезисного плана ответа по каждому вопросу. Время подготовки ответа – 60 минут.
3. Беседа с членами экзаменационной комиссии по этим вопросам и вопросам, связанным со специальностью и темой планируемого научного исследования.
4. Вступительные испытания проводятся на русском языке.

3. Цели вступительных испытаний

Выявление специальных знаний, полученных в процессе получения высшего образования в специалитете и (или) магистратуре, научного потенциала и объективной оценки способности лиц, поступающих в аспирантуру.

4. Критерии выставления оценок по результатам выполнения экзаменационных заданий по специальной дисциплине

Вступительные испытания по специальности оцениваются следующим образом:

Максимальное количество баллов за каждый вопрос экзаменационных билетов – 5 баллов (всего 3 вопроса) плюс максимальное количество баллов за собеседование по теме планируемого научного исследования – 5 баллов; общее максимальное количество за профильный экзамен – 20 баллов.

Минимальное количество баллов за каждый вопрос экзаменационных билетов для успешного прохождения испытания по специальности – 4 балла, минимальное количество баллов за собеседование по теме планируемого научного исследования – 4 балла, общее минимальное количество за профильный экзамен – 16 баллов.

5. Программа вступительного испытания

1. Теплопроводность. Дифференциальное уравнение теплопроводности (диффузии). Законы Фурье, Фика, коэффициенты теплопроводности, температуропроводности, диффузии.
2. Формулировка краевых задач теплопроводности при граничных условиях I, II и III пор., методы их решения. Основные методы измерения теплофизических характеристик и тепловых потоков. Понятие об обратных задачах теплопроводности.
3. Дифференциальные уравнения конвективного теплопереноса и массопереноса. Закон Ньютона для теплообмена. Коэффициенты теплообмена, теплопередачи. Теплообмен при вынужденном ламинарном течении жидкости. Температурный и диффузионный пограничные слои. Аналогия Рейнольдса.
4. Теплообмен в свободном конвективном пограничном слое у вертикальной пластины (задача Польшаузена). Переход свободного конвективного течения из ламинарного в турбулентное, критическое число Релея.
5. Теплообмен при вынужденном турбулентном течении жидкости. Переход ламинарного течения в турбулентное течение. Критические значения критерия Рейнольдса для трубы и пограничного слоя на пластине.
6. Полуэмпирические теории турбулентности. Турбулентная вязкость, путь перемешивания Прандтля. Логарифмический профиль скоростей. Турбулентный перенос теплоты.

7. Расчет теплообмена при турбулентном течении жидкости в трубе. Теплопередача в турбулентном пограничном слое.
8. Критериальные уравнения для теплообмена при турбулентных течениях. Аналогия Рейнольдса для ламинарного и турбулентного течений.
9. Теплообмен при конденсации пара. Пленочная и капельная конденсация. Теплообмен при пленочной конденсации неподвижного пара на вертикальной стенке. Теплообмен при пленочной конденсации движущегося пара внутри трубы, на горизонтальных трубах и пучках труб. Теплообмен при капельной конденсации.
10. Теплообмен при кипении однокомпонентных жидкостей. Режимы кипения жидкости. Механизмы теплопереноса при пузырьковом кипении. Зависимость теплового потока от температурного напора. Отрывной диаметр пузыря, скорость роста и частота отрыва пузырей. Структура двухфазного потока и теплообмен при кипении жидкости внутри труб.
11. Кризисы кипения. Механизм теплообмена при пленочном кипении жидкости. Теплообмен при ламинарном движении паровой пленки. Теплообмен при турбулентном движении паровой пленки. Теплообмен излучением.
12. Основные законы теплового излучения. Закон Планка, закон Стефана-Больцмана. Закон Кирхгофа, закон Ламберта. Поглощение, испускание и рассеяние излучения.
13. Интегро-дифференциальное уравнение переноса излучения, двухпотокное приближение. Оптическая толщина среды, приближения оптически тонкого и оптически толстого слоя. Коэффициент лучистой теплопроводности.
14. Совместный перенос теплоты теплопроводностью и излучением. Гидрогазодинамика.
15. Уравнения движения идеальной жидкости: уравнения неразрывности, Эйлера, энергии. Уравнение Бернулли. Потенциальное движение.
16. Дозвуковое и сверхзвуковое течения газа. Число Маха. Предельная скорость стационарного истечения газа в пустоту.
17. Поверхности разрыва. Тангенциальные разрывы и ударные волны. Изменение термодинамических параметров газа при прохождении его через ударную волну. Ударная адиабата.
18. Гидродинамика горения: медленное горение и детонация. Стационарное течение газа в канале переменного сечения. Расчетные и нерасчетные режимы течения. Сопло Лавалю.
19. Нестационарное одномерное течение идеального газа. Распространение возмущений конечной интенсивности (возникновение в трубе ударных волн). Волны разрежения. Элементарная теория ударной трубы.
20. Динамика вязкой жидкости. Связь между тензором напряжений и тензором скоростей деформаций" Основные реологические законы неньютоновских вязких жидкостей.
21. Взаимодействие расплава с корпусом реактора. Задача конвекции для расплава. Распределение тепловых потоков.
22. Уравнения Навье-Стокса. Ламинарное течение жидкости в трубе. Закон Гагена-Пуазейля. Движения вязкой жидкости при больших значениях критерия Рейнольдса.

6. Пример экзаменационного билета

1. Теплообмен при конденсации пара. Пленочная и капельная конденсация. Теплообмен при пленочной конденсации неподвижного пара на вертикальной стенке.
2. Теплопроводность. Дифференциальное уравнение теплопроводности (диффузии).
3. Взаимодействие расплава с корпусом реактора. Задача конвекции для расплава. Распределение тепловых потоков.

7. Литература

1. ЦВЕТКОВ Ф.Ф., ГРИГОРЬЕВ Б.А. «Тепломассообмен: Учебное пособие для вузов» - М.: Издательство МЭИ, 2008.
2. Р.Н. НИГМАТУЛИН «Динамика многофазных сред»-М.: Наука, 1987г.
3. М.Е. ДЕЙЧ, ФИЛИППОВ Г.А. «Газодинамика двухфазных сред» -М. : Энергоиздат, 1981.
4. ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ТУРБУЛЕНТНЫХ И ДВУХФАЗНЫХ ТЕЧЕНИЙ. В 2 т. (под ред. Акад. РАН А.А. Саркисова, Г.А. Филиппова). Москва, Наука, 2010.
5. ШПИЛЬРАЙН Э.Э., КЕССЕЛЬМАН П.М. «Основы теории теплофизических свойств веществ». - М.: Энергия, 1977.
6. СЕМЁНОВ А.М. «Процессы переноса в газах». - М. :МЭИ, 1980.
7. ЛАНДАУ Л.Д. «Теоретическая физика. Гидродинамика» /Л.Д. ЛАНДАУ, Е.М. ЛИФШИЦ// Т. VI. -М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы. 1988.
8. КУТАТЕЛАДЗЕ С.С. «Основы теории теплообмена». – М. Атомиздат, 1979
9. ПЕТУХОВ Б. С., ГЕНИН Л. Г., КОВАЛЕВ С. А. «Теплообмен в ядерных энергетических установках». – М. Энергоатомиздат, 1986
10. МИХЕЕВ М.А., МИХЕЕВА И.М. «Основы теплопередачи». – М. Энергия, 1977
11. ИСАЧЕНКО В.П. ОСИПОВА В. А., СУКОМЕЛ А.С. «Теплопередача». – М. Энергия, 1975
12. ГЕБХАРТ Б. и др. «Свободноконвективные течения, тепло- и массообмен». – М. Мир, 1991
13. ЛАБУНЦОВ Д.А, ЯГОВ В.В. «Механика двухфазных систем». – М. МЭИ, 2000
14. ДОРОЩУК В.Е. «Кризисы теплообмена при кипении воды в трубах». – М. Энергоатомиздат, 1983

СОСТАВИТЕЛИ:

Стрижов В.Ф. – доктор физ.-мат. наук

Григорук Д.Г. – кандидат физ.-мат. наук

Сегаль М. Д. – доктор физ.-мат. наук