МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Череповецкий государственный университет»

ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

институт (факультет)

КАФЕДРА ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКИ И ТЕПЛОТЕХНИКИ

кафедра

УТВЕРЖДЕНО

на заседании ученого совета
инженерно-технического института

« 24 » февраля 2022 г.,

дата утверждения

протокол № 8

директор института ИТИ

_____ / А.В. Кожевников

(подпись) ФИО

ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ ПО СПЕЦИАЛЬНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ ПО ПРОГРАММАМ ПОДГОТОВКИ НАУЧНЫХ И НАУЧНО-ПЕДАГОГИЧЕСКИХ КАДРОВ В АСПИРАНТУРЕ

Уровень образования:

высшее образование – подготовка кадров высшей квалификации по программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре

(высшее образование – бакалавриат; высшее образование – специалитет, магистратура; высшее образование – подготовка кадров высшей квалификации по программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре)

Шифр и наименование группы научных специальностей:

2.4. Энергетика и электротехника

(шифр и наименование группы научных специальностей в соответствии с номенклатурой научных специальностей, по которым присуждаются ученые степени, утверждаемым Приказом Министерством науки и высшего образования Российской Федерации № 118 от 24.02.2021 г)

Шифр и наименование научной специальности:

2.4.6. Теоретическая и прикладная теплотехника

г. Череповец, 2022 год

Общие сведения о программе

Программа вступительных испытаний составлена на основе Федеральных государственных требований по подготовке научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре)

Программа вступительных испытаний рассмотрена и рекомендована к утверждению на заседании кафедры

ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКИ И ТЕПЛОТЕХНИКИ

наименование кафедры

от 07.02.2022 г., протокол № 6.

Заведующий кафедрой

07.02.2022		С.В. Лукин
дата подписания	подпись	И.О. Фамилия

Сведения о разработчике(ах) программы:

ЛУКИН СЕРГЕЙ ВЛАДИМИРОВИЧ, Д.Т.Н., ПРОФЕССОР, ЗАВЕДУЮЩИЙ КАФЕДРОЙ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКИ И ТЕПЛОТЕХНИКИ

(ФИО, ученая степень, ученое звание, должность, место работы)

СИНИЦЫН НИКОЛАЙ НИКОЛАЕВИЧ, Д.Т.Н., ПРОФЕССОР, ЗАМ. ЗАВ. КАФЕДРОЙ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКИ И ТЕПЛОТЕХНИКИ

(ФИО, ученая степень, ученое звание, должность, место работы)

ШЕСТАКОВ НИКОЛАЙ ИВАНОВИЧ, Д.Т.Н., ПРОФЕССОР, ПРОФЕССОР КАФЕДРЫ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКИ И ТЕПЛОТЕХНИКИ

(ФИО, ученая степень, ученое звание, должность, место работы)

I. ФОРМЫ ПРОВЕДЕНИЯ ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ

Вступительные испытания проводятся в устной форме по билетам.

II. СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ ПО ПОДГОТОВКЕ К ВСТУПИТЕЛЬНОМУ ЭКЗАМЕНУ ПО СПЕЦИАЛЬНОСТИ

Настоящая программа составлена на основе дисциплин направления подготовки «Теплоэнергетика и теплотехника», связанных с особенностями анализа, синтеза и технического использования промышленного теплотехнического оборудования, с оптимизацией теплотехнических процессов в установках и теплотехнологических комплексах.

Тема 1. Фундаментальные основы промышленной теплоэнергетики

1.1 Термодинамика

Первый закон термодинамики. Теплоемкость. Изопроцессы. Применение первого закона термодинамики к расчетам изопроцессов. Второй закон термодинамики. Энтропия. Термодинамические потенциалы и их применение в термодинамических расчетах. Водяной пар. P-V, T-S, H-S диаграммы и таблицы. Их применение в термодинамических расчетах. Влажный воздух. H-D диаграммы. Циклы Карно, Ренкина. Циклы двигателей внутреннего сгорания и газовых турбин. Термодинамика потока. Скорость звука. Сопло Лаваля. Истечение водяного пара. Дросселирование.

1.2 Тепломассообмен

Конвективный тепло- и массоперенос. Законы сохранения массы, потока импульса, энергии. Законы Ньютона, Фурье и Фика. Основы теории пограничного слоя.

Автомодельные решения уравнений ламинарного слоя. Особенности расчета тепло- и массообмена при турбулентном течении жидкости. Влияние на тепло- и массообмен вдува и отсоса вещества. Решения для ламинарного слоя и турбулентный слой. Трение и теплообмен при массообмене на поверхности тел. Внутренние задачи тепло- и массопернеоса. Трение и теплообмен при ламинарном и турбулентном течениях в трубах.

Тепло- и массообмен при фазовых превращениях. Соотношение Герца—Кнудсена для потока массы при фазовом переходе первого рода. Механизм теплообмена при пузырьковом кипении жидкости в неограниченном объеме. Критический радиус пузырька. Кривая кипения для неограниченного объема. Кипение внутри труб. Особенности двухфазного потока и теплообмена. Влияние давления на процесс кипения. Конденсация пленочная и капельная.

Конденсация паров из смеси с инертными газами. Тепло- и массообмен при испарении жидкости в парогазовую среду. Тепло- и массообмен в процессах сублимации: с открытой поверхности, из пористой металлокерамики. Диффузия жидкости в газовые среды и перенос массы в капилярно-пористых телах. Дифференциальные уравнения диффузиии. Сорбционные процессы. Уравнения сорбции.

Контактный теплообмен. Радиационный теплообмен. Законы Планка, Ламберта, Кирхгофа, Стефана— Больцмана. Теплообмен излучением в прозрачных и поглощающих средах. Собственное интегральное излучение твердых тел. Спектр излучения твердых тел. Поглощательная и излучательная способности тела. Тепловое излучение в процессах интенсивного теплообмена, сушки и других технологических процессах.
Процессы смесеобразования. Молекулярная и турбулентная диффузия. Смесеобразование в турбулентных слоях. Аналогия между диффузией и теплообменом.

Вопросы вступительных экзаменов

1. Параметры состояния. Термодинамический процесс.
2. Идеальный газ. Законы идеального газа.
3. Смеси газов. Массовые, мольные и объемные доли.
4. Молекулярная масса и газовая постоянная смеси.
5. Теплоемкость.
6. Опыт Джоуля.
7. Внутренняя энергия и работа расширения.
8. Первый закон термодинамики.
9. Опыт Гей-Люссака. Закон Джоуля.
10. Энтальпия. Формула Майера.
11. Уравнение I-ого закона термодинамики для потока.
12. Циклы. Термический к.п.д.
13. Обратимые и необратимые процессы. Второй закон термодинамики.
14. Цикл Карно.
15. Теорема Карно.
16. Энтропия.
17. T,S –диаграмма.
18. Регенеративные циклы.
19. Изменение энтропии в необратимых процессах.
20. Эксергия.
21. Уравнения Максвелла.

22. Дифференциальные соотношения для теплоемкостей.
23. Термодинамическое равновесие. Термодинамические потенциалы.
24. Химический потенциал.
25. Условия равновесия в изолированной и однородной системе.
26. Условия фазового равновесия.
27. Фазовые переходы.
28. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса.
29. Термические и калорические свойства твердых тел.
30. Термические и калорические свойства жидкостей.
31. Опыт Эндрюса.
32. Уравнение Ван-дер-Ваальса.
33. Термические и калорические свойства реальных газов.
34. Термодинамические свойства двухфазных систем.
35. Энтропийные диаграммы.
36. Изохорный, изобарный, изотермический процессы.
37. Адиабатный процесс.
38. Политропный процесс.
39. Дросселирование.
40. Процессы смешения.
41. Типы компрессоров.
42. Процессы сжатия в поршневом компрессоре.
43. Истечение газов из суживающихся сопл.
44. Переход через скорость звука. Сопло Лаваля.
45. Цикл Отто.
46. Циклы Дизеля и Сабатэ.
47. Цикл ГТУ без регенерации.
48. Цикл ГТУ с регенерацией.
49. Циклы реактивных двигателей.
50. Циклы паротурбинной установки.
51. Теплофикационные циклы.
52. Цикл термоэлектрической установки.
53. Холодильные циклы. Тепловые насосы.
54. Цикл воздушной холодильной установки.
55. Цикл парокомпрессионной холодильной установки.
56. Цикл пароэжекторной холодильной установки.
57. Методы сжижения газов.
58. Термохимия. Закон Гесса. Уравнение Кирхгофа.
59. Химическое равновесие и второй закон термодинамики.
60. Константа равновесия и степень диссоциации.

61. Способы переноса теплоты. Методы изучения физических явлений. Температурное поле. Изотермическая поверхность. Градиент температурного поля.
62. Тепловой поток. Закон Фурье. Коэффициент теплопроводности.
63. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Условия однозначности. Закон Ньютона-Рихмана.
64. Теплопроводность в плоской стенке при граничных условиях первого рода в стационарных условиях.
65. Теплопроводность в плоской стенке при граничных условиях второго рода в стационарных условиях.
66. Теплопроводность в плоской стенке при граничных условиях третьего рода в стационарных условиях.
67. Теплопроводность в многослойной плоской стенке при граничных условиях третьего рода в стационарных условиях.
68. Теплопроводность в цилиндрической стенке при граничных условиях первого рода в стационарных условиях.
69. Теплопроводность в цилиндрической стенке при граничных условиях второго рода в стационарных условиях.
70. Теплопроводность в цилиндрической стенке при граничных условиях третьего рода в стационарных условиях. Критический диаметр цилиндрической стенки.
71. Теплопроводность в многослойной цилиндрической стенке при граничных условиях третьего рода в стационарных условиях
72. Теплопроводность в шаровой стенке при граничных условиях первого рода в стационарных условиях.
73. Теплопроводность в шаровой стенке при граничных условиях второго рода в стационарных условиях.
74. Теплопроводность в шаровой стенке при граничных условиях третьего рода в стационарных условиях. Теплопроводность в многослойной шаровой стенке.
75. Обобщенный метод решения задач теплопроводности в плоской, цилиндрической и шаровой стенках.
76. Пути интенсификации теплопередачи. Дифференциальное уравнение теплопроводности в ребре постоянного поперечного сечения.
77. Теплопроводность в стержне бесконечной длины.
78. Теплопроводность в стержне конечной длины. Передача теплоты через ребристую плоскую стенку.
79. Стационарная теплопроводность в однородной пластине при наличии внутренних источников теплоты.
80. Стационарная теплопроводность в однородном цилиндрическом стержне при наличии внутренних источников теплоты.
81. Стационарная теплопроводность в цилиндрической стенке при наличии внутренних источников теплоты (теплота отводится только через внутреннюю поверхность).

82. Стационарная теплопроводность в цилиндрической стенке при наличии внутренних источников теплоты (теплота отводится только через внешнюю поверхность).
83. Охлаждение (нагревание) неограниченной пластины.
84. Охлаждение (нагревание) бесконечно длинного цилиндра.
85. Охлаждение шара.
86. Охлаждение параллелепипеда.
87. Охлаждение длинного прямоугольного стержня.
88. Охлаждение цилиндра конечной длины.
89. Приближенные методы решения задач теплопроводности. Метод тепловых балансов (одно- и двухмерная задача).
90. Приближенные методы решения задач теплопроводности. Замена производных в дифференциальном уравнении конечными разностями (одно- и двухмерная задача).
91. Регулярный режим охлаждения (нагревания) тел. Экспериментальное определение теплофизических параметров методом регулярного теплового режима.
92. Основные положения учения о конвекции и конвективном теплообмене. Закон Ньютона-Рихмана. Коэффициент теплоотдачи. Свободная и вынужденная конвекция. Физические свойства жидкости.
93. Гидродинамический пограничный слой. Тепловой пограничный слой.
94. Безразмерные комплексы и уравнения подобия.
95. Основные положения учения о конвекции и конвективном теплообмене. Вектор плотности теплового потока. Закон Ньютона-Рихмана. Коэффициент теплоотдачи. Массовые и поверхностные силы. Свободная и вынужденная конвекция.
96. Физические свойства жидкости (динамический и кинематический коэффициент вязкости, изотермическая сжимаемость, температурный коэффициент объемного расширения).
97. Дифференциальные уравнения конвективного теплообмена (уравнения энергии, сплошности).
98. Дифференциальные уравнения конвективного теплообмена (уравнения движения Навье-Стокса).
99. Гидродинамический пограничный слой.
100. Тепловой пограничный слой.
101. Подобие и моделирование процессов конвективного теплообмена. Приведение математической формулировки краевой задачи к записи в безразмерных переменных. Метод масштабных преобразований.
102. Безразмерные комплексы и уравнения подобия.
103. Условия подобия физических процессов. Теорема Кирпичева – Гухмана. Следствия из условий подобия.
104. Метод размерностей. Основная теорема метода.
105. Моделирование процессов конвективного теплообмена.
106. Получение эмпирических формул.

107. Основные понятия о лучистом теплообмене. Лучистый поток, плотность излучения, монохроматическое излучение. Эффективное и результирующее излучение.
108. Законы лучистого теплообмена (Планка, Релея-Джинса)
109. Законы лучистого теплообмена (Вина, Стефана-Больцмана)
110. Законы лучистого теплообмена (Кирхгофа, Ламберта).
111. Лучистый теплообмен между поверхностями, обращенными друг к другу с небольшим зазором.
112. Лучистый теплообмен между телами в замкнутом пространстве.
113. Лучистый теплообмен между двумя поверхностями через экран.
114. Перенос лучистой энергии в поглощающей и излучающей среде.
115. Классификация теплообменников. Основные виды теплообменников.
116. Методика расчета теплопередачи в рекуперативных теплообменниках. Расчет среднего температурного напора и среднего коэффициента теплопередачи в теплообменниках.
117. Теплообмен при конденсации чистого пара. Пленочная и капельная конденсация. Термическое сопротивление передаче теплоты. Влияние режима течения.
118. Теплообмен при конденсации чистого пара. Тепловой поток. Конденсация движущегося и неподвижного пара.
119. Теплообмен при пленочной конденсации неподвижного пара. Ламинарное течение пленки на вертикальной стенке.
120. Теплообмен при пленочной конденсации неподвижного пара. Турбулентное течение пленки на вертикальной стенке
121. Теплообмен при пленочной конденсации неподвижного пара Конденсация на горизонтальных трубах.
122. Теплообмен при пленочной конденсации движущегося пара внутри труб.

III. ЛИТЕРАТУРА

Основная литература:

1. Лукин С.В. Методологические основы охлаждения в кристаллизаторе машины непрерывного литья заготовок / С. В. Лукин, Н. И. Шестаков ; Лукин С.В., Шестаков Н.И. ; науч. ред. Н.Н.Синицын. - Череповец : ФГБОУ ВПО ЧГУ, 2012. - 225 с. - Библиогр.: с. 214-225. - ISBN 978-5-85341-486-0
2. Лукин, С. Физическое моделирование процессов передачи теплоты: учебное пособие / С. Лукин ; Череповецкий государственный университет ; науч. ред. Р.А. Юдин. - Череповец : Издательство ЧГУ, 2016. - 112 с. : ил.,табл. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-85341-639-0 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=434810
3. Ляшков, В.И. Математическое моделирование и алгоритмизация задач теплоэнергетики: учебное пособие. - Тамбов: Издательство ФГБОУ ВПО

«ТГТУ», 2012. - 139 с. [Электронный ресурс]. - URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=277818

4. Моделирование систем: Подходы и методы: учебное пособие / В.Н. Волкова, Г.В. Горелова, В.Н. Козлов и др. ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный политехнический университет. - СПб. : Издательство Политехнического университета, 2013. - 568 с. : схем., ил., табл. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-7422-4220-8 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=362986
5. Синицын Н.Н**.** Математическое моделирование процессов тепломассообмена: Учебное пособие для вузов / Н. Н. Синицын ; Синицын Н.Н. ; под ред. Н.И. Шестакова. - Череповец : ЧГУ, 2015. - 113 с. + табл. - Библиогр.: с. 112-113. - ISBN 978-5-85341-658-1

Дополнительная литература:

1. Общая энергетика : учебник : в 2 кн. / В.П. Горелов, С.В. Горелов, В.С. Горелов и др. ; под ред. В.П. Горелова, Е.В. Ивановой. - М. ; Берлин : Директ-Медиа, 2016. - Кн. 1. Альтернативные источники энергии. - 434 с. : ил., табл., схем. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-4475-5763-8 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: //biblioclub.ru/index.php?page=book&id=447693
2. Горелов, С.В. Основы научных исследований : учебное пособие / С.В. Горелов, В.П. Горелов, Е.А. Григорьев ; под ред. В.П. Горелова. - 2-е изд., стер. - М. ; Берлин : Директ-Медиа, 2016. - 534 с. : ил., табл. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-4475-8350-7 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: //biblioclub.ru/index.php?page=book&id=443846
3. Синицын, Н.Н. Тепломассообмен одиночных капель в газовом потоке / Н. Н. Синицын, Н. И. Шестаков, Г. И. Шаров ; Синицын Н.Н., Шестаков Н.И., Шаров Г.И. - Череповец : ГОУ ВПО ЧГУ, 2000. - 136 с. - Библиогр.: с. 130-136.
4. Шаров, Г.И. Инфракрасная пирометрия теплотехнических силовых установок / Г. И. Шаров, Н. И. Шестаков, Н. Н. Синицын ; Г.И. Шаров, Н.И. Шестаков, Н.Н. Синицын ; под ред.Л.Г.Делюсто. - Череповец : ЧГУ, 2001. - 269 с. : ил. - Библиогр.: с. 250-265.