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
« 26 » ноября 2024 г.,
дата утверждения
протокол № 3
директор института ИТИ

_____ / Г.Е. Курдюмов
(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 специальности 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, 2024 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 21.11.2024 г., протокол № 3.

Заведующий кафедрой

21.11.2024		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. Правила и нормы проведения вступительного испытания

1. Допуск поступающего на вступительное испытание осуществляется только при наличии экзаменационного листа.
2. Личные вещи поступающий оставляет в аудитории на специально отведенном месте.
3. На вступительном испытании поступающим запрещается иметь при себе средства связи, электронно-вычислительную технику, фото, аудио и видеоаппаратуру, справочные материалы, письменные заметки и иные средства хранения и передачи информации.
4. Поступающий занимает место, указанное членом экзаменационной комиссии.

5. По приглашению членом экзаменационной комиссии поступающий берет экзаменационный билет и приступает к подготовке.
6. Бланки для выполнения экзаменационных заданий и подготовки к устному ответу выдаются поступающему членом экзаменационной комиссии и подлежат сдаче по окончании вступительного испытания.
7. Время для подготовки к вступительному испытанию не может быть менее 30 минут. Оно устанавливается членом экзаменационной комиссии и доводится до сведения поступающего до начала процедуры проведения вступительного испытания. Сокращение времени подготовки возможно только по взаимному согласию экзаменаторов и экзаменуемого.
8. Замена экзаменационного билета не допускается.
9. Не допускается выносить из аудитории экзаменационные билеты или бланки, а также фотографировать их содержание.
10. После завершения времени, отведенного на подготовку к вступительному испытанию, поступающий приглашается членами экзаменационной комиссии для прохождения процедуры испытания.
11. В ходе процедуры вступительного испытания член экзаменационной комиссии вправе проводить опрос по материалу дисциплины, который не включен в экзаменационный билет, для объективного выявления уровня знаний поступающего.
12. Результат вступительного испытания заносится секретарем экзаменационной комиссии в протокол и экзаменационный лист. Оценка в пятибалльной системе указывается числом и прописью.
13. Покидать экзаменационную аудиторию до окончания экзамена разрешается только с позволения экзаменаторов. При выходе из аудитории поступающий обязан сдать экзаменационные материалы секретарю экзаменационной комиссии.
14. В случае выхода из аудитории время, выделенное на подготовку, не увеличивается.
15. По окончании вступительного испытания экзаменационный лист, заполненный секретарем экзаменационной комиссии, возвращается поступающему.
16. По итогам последнего вступительного испытания экзаменационный лист возвращается поступающим или секретарем экзаменационной комиссии в приемную комиссию в течение одного рабочего дня.
17. После вступительного экзамена оформленный протокол сдается секретарем экзаменационной комиссии в УАДиНД в течение одного рабочего дня.

IV. Шкала оценивания и минимальное количество баллов, подтверждающее успешное прохождение вступительного испытания

Уровень знаний поступающего оценивается экзаменационной комиссией по стобальной системе. Каждое вступительное испытание оценивается отдельно.

Минимальный балл за экзамен по специальной дисциплине не может быть меньше 70 баллов (оценка «хорошо»).
Минимальный балл за экзамен по иностранному языку не может быть меньше 70 баллов (оценка «хорошо»).

Критерии оценивания ответов

Показатели	**Критерии оценивания ответов поступающих**			
	54 балла и менее Оценка «неудовлетво тельно»	**55-69 баллов Оценка «удовлетвори-тельно»**	**70-85 баллов Оценка «хорошо»**	**86-100 баллов Оценка «отлично»**
Знания: становление и развитие отечественных и зарубежных идей, концепций и теорий в рамках дисциплины	Не знает становления и развития отечественных и зарубежных идей, концепций и теорий в рамках дисциплины	Знает становление и развитие отечественных и зарубежных идей, концепций и теорий в рамках дисциплины	Уверенно излагает становление и развитие отечественных и зарубежных идей, концепций и теорий в рамках дисциплины	Свободно владеет знанием становления и развития отечественных и зарубежных идей, концепций и теорий в рамках дисциплины
Умения обоснованно выбирать и эффективно использовать методы исследования в соответствии с этическими нормами профессиональной деятельности	Не умеет обоснованно выбирать и эффективно использовать методы исследования проблем в соответствии с этическими нормами профессиональной деятельности	Умеет выбирать и использовать методы исследования проблем в соответствии с этическими нормами профессиональной деятельности	Умеет обоснованно выбирать и эффективно использовать методы исследования проблем в соответствии с этическими нормами профессиональной деятельности	Сам предлагает способы выбора и эффективного использования методов исследования проблем в соответствии с этическими нормами профессиональной деятельности

Навыки анализа современных теоретических и практических проблем при решении профессиональных задач	Не владеет способами и приемами анализа современных теоретических и практических проблем при решении профессиональных задач	В целом владеет способами и приемами анализа современных теоретических и практических проблем при решении профессиональных задач	Владеет навыком анализа современных теоретических и практических проблем и на этой основе находит пути решения профессиональных задач	Самостоятельно и творчески анализирует современные теоретические и практические проблемы, находит пути решения профессиональных задач

V. 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.