

УТВЕРЖДАЮ
Проректор-директор ЭНИН
_____ Ю.С. Боровиков
«___» _____ 2013 г.

БАЗОВАЯ РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В КРИОГЕННЫХ СИСТЕМАХ

Направление ООП: 011200 - Физика
Профиль подготовки: промышленная теплоэнергетика, тепловые электрические станции
Квалификация (степень): Магистр
Базовый учебный план приема 2013 г.
Курс 2; Семестр 3
Количество кредитов: 3
Код дисциплины ПЦ.В.1.2.0

Виды учебной деятельности	Временной ресурс по очной форме обучения
Лекции, ч.	32
Практические занятия, ч	24
Лабораторные занятия, ч	16
Аудиторные занятия, ч	72
Самостоятельная работа, ч	63
ИТОГО, ч	135

Вид промежуточной аттестации: Диф. зачет в 3 семестре
Обеспечивающее подразделение: «Кафедра теоретической и промышленной теплотехники»

Заведующий кафедрой _____ Кузнецов Г.В.
Руководитель ООП: _____ Матвеев А.С.
Преподаватель: _____ Борисов Б.В.

2013 г.

1. Цели освоения дисциплины

В результате освоения данной дисциплины магистр приобретает знания, умения и навыки, обеспечивающие достижение Ц1, Ц2 и Ц5 основной образовательной программы «Физика».

Дисциплина нацелена на подготовку магистра к:

– проектной, сервисно-эксплуатационной, организационно-управленческой и экспертно-надзорной видам деятельности, связанным с анализом процессов тепломассопереноса в криогенных системах и низкотемпературной изоляции, составлением физико-математических моделей нестационарных теплогидравлических процессов в криогенных трубопроводах, криорезервуарах, системах охлаждения сверхпроводящих устройств.

2. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина относится к вариативной части профессионального цикла (ПЦ.В) учебного плана (ПЦ.В.1.2.0). Она непосредственно связана с другими дисциплинами профессионального цикла («Безопасность жизнедеятельности», «Надежность технических систем и техногенный риск», «Организация и ведение аварийно-спасательных работ», «Методы и приборы контроля окружающей среды и экологический мониторинг», «Малоотходные и ресурсосберегающие технологии»). Кореквизитами для дисциплины «Термодинамика» являются дисциплины профессионального цикла «Механика жидкости и газа», «Безопасность жизнедеятельности», «Материаловедение», «Основы технологии машиностроения», «Техническая механика», «Сопротивление материалов», «Теория машин и механизмов», «Детали машин и основы проектирования», «Гидравлические машины и гидропневмопривод», «Технология, оборудование и автоматизация машиностроительных производств». Она непосредственно связана с дисциплинами естественнонаучного и математического цикла «Химия», «Экология», «Теоретическая механика», «Физика», «Математика» и опирается на освоенные при изучении данных дисциплин знания и умения.

3. Результаты освоения дисциплины

В результате освоения дисциплины студент должен самостоятельно выполнять расчетные работы, связанные с созданием и анализом работы криотехники для успешной работы в коллективах по разработке, проектированию и эксплуатации криогенных систем.

В процессе освоения дисциплины у студентов развиваются следующие компетенции:

1. Универсальные (общекультурные)

- способность работать самостоятельно (ОК-8);
- способность принимать решения в пределах своих полномочий (ОК-9);
- способность к абстрактному и критическому мышлению, исследованию окружающей среды для выявления ее возможностей и ресурсов, способность к принятию нестандартных решений (ОК-12);

– демонстрировать понимание сущности и значения информации в развитии современного общества, владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации; использование современных технических средств и информационных технологий для ведения практической инновационной инженерной деятельности в области защиты окружающей среды (ОК-13).

2. Профессиональные

– способность ориентироваться в перспективах развития техники и технологии защиты человека и природной среды от опасностей техногенного и природного характера (ПК-1);

– способность использовать методы расчетов элементов технологического оборудования по критериям работоспособности и надежности (ПК-5);

– способность принимать участие в организации и проведении технического обслуживания средств защиты (ПК-7);

– способность ориентироваться в основных методах и системах обеспечения техносферной безопасности, обоснованно выбирать известные устройства, системы и методы защиты человека и природной среды от опасностей (ПК-8).

– готовность к выполнению профессиональных функций при работе в коллективе (ПК-10);

– готовность использовать знания по организации охраны труда, охраны окружающей среды и безопасности в чрезвычайных ситуациях на объектах экономики (ПК-12);

– способностью контролировать состояние используемых средств защиты, принимать решения по замене (регенерации) средства защиты (ПК-18);

– Способность анализировать механизмы и характер воздействия технологических процессов основных отраслей промышленности на окружающую среду и взаимосвязь между их изменением и изменением воздействия на окружающую среду. Умение применять информацию, полученную в результате анализа при принятии технических и управленческих решений (ПК-1 – ПК-18).

После изучения данной дисциплины бакалавры приобретают знания, умения и опыт, соответствующие результатам основной образовательной программы: Р2, Р6, Р5, Р6, Р7, Р8. Соответствие результатов освоения дисциплины **«Теплофизические процессы в криогенных системах»** формируемым компетенциям ООП представлено в таблице.

Соответствие результатов освоения дисциплины **«Теплофизические процессы в криогенных системах»** формируемым компетенциям ООП представлено в таблице.

Таблица 1.

Составляющие результатов обучения, которые будут получены при изучении данной дисциплины

Результаты Обучения (компетенции Из ФГОС)	Составляющие результатов обучения					
	Код	Знания	Код	Умения	Код	Владение опытом
P2 (ОК-3)	32.3	основ профессиональной этики и норм профессиональной деятельности на теплоэнергетическом производстве	У2.3	демонстрировать личную ответственность при ведении профессиональной деятельности	В2.1	руководства отдельными группами исполнителей при решении комплексных инженерных задач
P7 (ПК-2,3)	37.1	основных законов естественнонаучных и математических дисциплин	У7.1	использовать основные законы естественнонаучных и математических дисциплин в инженерной деятельности в процессах производства, трансформации, транспортировки тепловой и электрической энергии и управления этими процессами	В7.1	создания моделей процессов производства, трансформации, транспортировки тепловой и электрической энергии с использованием основных законов естественнонаучных и математических дисциплин
P10(ПК-18)	310.2 310.4	методик обработки результатов экспериментов и соответствующих пакетов прикладных программ;	У10.2	проводить стандартные испытания по определению теплофизических и термодинамических свойств жидкостей и газов	В10.2	экспериментально го определения теплофизических и термодинамических свойств жидкостей и газов

Р12 (ПК-12,25)	З12. 1	критериев выбора и создания теплоэнергетического оборудования, средств измерения и автоматизации	У12. 1	пользоваться инструментами и технологией ведения практической инженерной деятельности	В12. 1	пользоваться инструментами и технологией ведения практической инженерной деятельности
Р15 (ПК-25)	З15. 1	методик испытаний, наладки и ремонта технологического оборудования	У15. 1	контролировать работу системы АСУ объектом	В15. 1	использования методик испытаний, наладки и ремонта технологического оборудования теплоэнергетического производства

В результате освоения дисциплины «Теплофизические процессы в криогенных системах» студентом должны быть достигнуты следующие результаты

Планируемые результаты освоения дисциплины «Теплофизические процессы в криогенных системах»

Таблица № 2

№	Результат
РД 1	Освоить основные понятия, моделей рабочих тел в криогенных системах
РД 2	Освоить понятия и закономерности основных процессов переноса с учетом фазовых переходов
РД3	Освоить методы анализа полей температур и скоростей в криогенных жидкостях
РД4	Освоить методы определения основных параметров тепловой изоляции криогенных сосудов
РД5	Освоить методы определение процессов заполнения и опорожнения криогенных сосудов

4. Структура и содержание дисциплины

4.1. Аннотированное содержание дисциплины

4.1 Содержание теоретических разделов дисциплины «Теплофизические процессы в криогенных системах» (16 часов):

Раздел 1. Введение. Понятия, параметры и основные теплофизические процессы в криогенных системах

Предмет курса, его место и роль при подготовке инженеров-физиков. Связь с другими отраслями знаний. Основные исторические этапы становления, роль в научно – техническом прогрессе, развитии новой техники и технологии, решении проблемы экономии энергетических ресурсов. Основные задачи курса Терминология. Основные типы изоляции: насыпная, газонаполненная, вакуумная, вакуумно-порошковая, экранно-вакуумная.

Особенности теплопереноса. Влияние конструктивных и режимных параметров на тепловой поток. Технология изолирования.

Особенности термодинамических состояний и процессов при низких температурах.

Основные уравнения движения потока. Уравнения теплопроводности

Одномерные и двумерные модели. Линеаризация уравнений динамики.

Учет сжимаемости. Аксиальная теплопроводность охлаждаемого стержня. Теория гидроудара. Теплогидравлическая неустойчивость.

Стационарные режимы, оптимальная скорость.

Перечень практических занятий:

1. Расчеты теплоотдачи при свободно-конвективном движении жидкости в неограниченном объеме;
2. Расчеты теплоотдачи при свободно-конвективном движении жидкости в ограниченном объеме;
3. Расчеты теплоотдачи при вынужденном движении жидкости;
4. Расчеты теплопередачи через плоские и цилиндрические стенки, разделяющие свободно-конвективное движение и вынужденную конвекцию жидкостей;
5. Расчеты теплоотдачи при конденсации. Расчеты теплоотдачи при парообразовании.

Самостоятельная работа студентов:

Самостоятельно студенты расширяют и углубляют знания, получаемые на лекционных и практических занятиях с использованием дополнительной литературы.

Раздел 2. Параметры и процессы в криогенных трубах и сосудах.

Переходные процессы в трубопроводах. Захолаживание и заполнение трубопроводов жидкостью.

Основы термодинамики открытых однофазных и двухфазных систем.

Хранение и транспортирование криожидкостей с открытым и закрытым дренажем.

Явления стратификации и вскипания. Опорожнение резервуара.

Явления стратификации и вскипания. Опорожнение резервуара. (продолжение).

Расчет процесса наддува по различным моделям.

Расчет испарителя наддува.

Захолаживание и заполнение резервуара жидкостью.

Различные модели процесса заполнения резервуара криожидкостью.

Оценка эффективности режимов заполнения.

Перечень практических занятий:

1. Расчеты параметров течения криогенных жидкостей;
2. Расчеты критических параметров истечения и затекания двухфазных систем.

Самостоятельная работа студентов:

Самостоятельно студенты расширяют и углубляют знания, получаемые на лекционных и практических занятиях с использованием дополнительной литературы.

4.2. Структура дисциплины по разделам и видам учебной деятельности

Таблица 2.

Структура дисциплины по разделам и формам организации обучения

№	Название раздела/темы	Аудиторная работа (час)			СРС (час)	Контр. раб.	Итого
		Лекции	Практ./ семинар	Лаб. зан.			
1	Введение. Основная терминология криогеники. Теплоперенос в низкотемпературной изоляции.	4			6	Коллоквиум во время лекционных занятий	10
2	Физико-математические модели нестационарных термодинамических теплогидравлических процессов.	16			24	Коллоквиум во время лекционных занятий	40
3	Переходные процессы в криоканалах с учетом теплообмена.	10			20	Коллоквиум во время лекционных занятий	30
4	Теплофизические	6			4	Коллоквиум во	10

	процессы в криорезервуарах.					время лекционных занятий	
	Итого	36			54		90

5. Образовательные технологии

При освоении дисциплины используются следующие сочетания видов учебной работы с методами и формами активизации познавательной деятельности бакалавров для достижения запланированных результатов обучения и формирования компетенций.

Таблица 4.

Методы и формы организации обучения (ФОО)

Методы	ФОО	Лекции	Пр. зан.	Лаб. раб.	СРС
IT-методы		х		х	х
Работа в команде			х	х	х
Методы проблемного обучения		х			х
Обучение на основе опыта		х	х	х	
Опережающая самостоятельная работа		х	х	х	х
Исследовательский метод				х	х
Дискуссия		х	х	х	
Индивидуальное обучение			х	х	х

Для достижения целей преподавания дисциплины реализуются следующие средства, способы и организационные мероприятия:

- изучение теоретического материала дисциплины на лекциях с использованием компьютерных технологий;
- самостоятельное изучение теоретического материала дисциплины с использованием специальной учебной и научной литературы, в том числе *Internet*-ресурсы;
- закрепление теоретического материала при проведении семинаров и коллоквиумов.

6. Организация и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

6.1 Текущая СРС, направленная на углубление и закрепление знаний студента, развитие практических умений, содержит следующие виды работ:

- работе студентов с лекционным материалом, поиск и анализ литературы и электронных источников информации по заданной проблеме,
- изучении тем, вынесенных на самостоятельную проработку,
- подготовке к коллоквиумам,
- подготовке к зачету.

6.1.1 Содержание самостоятельной работы студентов по дисциплине

1. способов получения, передачи и использования холода;
2. состава, номенклатуре и параметрам холодильного оборудования;
3. методов расчета параметров систем холодоснабжения;

4. методов экономичной и безопасной эксплуатации холодильных систем.

6.2 Творческая проблемно-ориентированная самостоятельная работа (ТСР), ориентированная на развитие интеллектуальных умений, комплекса универсальных и профессиональных компетенций, повышение творческого потенциала студентов, включает следующие виды работ по основным проблемам курса:

- поиск, анализ, структурирование и презентация информации;
- анализ статистических и фактических материалов по заданной теме;
- исследовательская работа.

6.3 Контроль самостоятельной работы

Оценка результатов самостоятельной работы организуется как единство двух форм: самоконтроль и контроль со стороны преподавателей.

6.4 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

Список основной и дополнительной литературы, перечень программного обеспечения указаны в разделе 9 данной рабочей программы.

7. Средства (ФОС) текущей и итоговой оценки качества освоения дисциплины

Оценка успеваемости студентов осуществляется по результатам:

- устного опроса при проведении коллоквиумов и во время зачета.

Оценка успеваемости студентов осуществляется по результатам:

- текущего контроля;
- зачета.

Итоговым контролем является зачет в 4 семестре. Итоговый контроль результатов оценивается по суммарному баллу за семестр по условию:

- «отлично» – более 85 баллов;
- «хорошо» – 71–85 баллов;
- «удовлетворительно» – 60–70 баллов.

Итоговым контролем является зачет в 6 семестре. Итоговый контроль результатов оценивается по суммарному баллу за семестр по условию:

- «зачтено» > 60.

7.1 Примеры зачетных вопросов

Первый блок вопросов

1. Номенклатура и особенности вспученной тепловой изоляции.
2. Номенклатура и особенности газонаполненной порошковой и волокнистой тепловой изоляции.
3. Номенклатура и особенности вакуумной тепловой изоляции.
4. Коэффициент аккомодации. Понятие, расчет и применение.
5. Отражающий экран, эффективный коэффициент излучения.

6. Особенности передачи тепла в вакуумной тепловой изоляции.
7. Особенности вакуумно-порошковой и вакуумно-волоконистой тепловых изоляции.
8. Отражающие порошковые изоляции.
9. Многослойные тепловые изоляции. Конструкции. Особенности применения.
10. Сравнительные достоинства и недостатки различных типов низкотемпературных тепловых изоляций.
11. Резервуары с газоохлаждаемой отражающей изоляцией.
12. Материалы, применяемые для изготовления криорезервуаров.
13. Основные элементы конструкции криорезервуаров.
14. Основные требования к внутреннему криорезервуару с точки зрения безопасности.
15. Особенности конструкции внешней оболочки криорезервуаров.

Второй блок вопросов.

1. Понятие температуры с точки зрения термодинамики.
2. Основные термодинамические параметры. Идеальный и реальный газ.
3. Уравнение состояния. Особенности поведения термодинамической системы при низких температурах.
4. Принципы сохранения масс и энергии. Материальный и энергетический баланс. Стехиометрический принцип.
5. Теорема об изменении импульса.
6. Принцип возрастания энтропии. Энтропийный баланс. Необратимость и затраты энергии.
7. Термодинамический анализ затрат энергии в криогенных системах.
8. Размерные и безразмерные формы уравнений процессов. Подобие процессов. Основные критерии теплового и термодинамического подобия.
9. Третье начало термодинамики. Недостижимость абсолютного нуля.
10. Равновесные состояния и фазовые переходы чистых веществ.
11. Равновесные состояния и фазовые переходы бинарных систем.
12. Теплофизические свойства газов. Криогенные температуры.
13. Теплофизические свойства жидкостей. Криогенные температуры.
14. Теплофизические свойства твердых тел. Криогенные температуры.
15. Механические свойства материалов при низких температурах.

Третий блок вопросов

1. Дросселирование. Эффект Джоуля-Томсона. Особенности получения низких температур дросселированием.
2. Термоэлектрические эффекты. (эффект Пельтье, эффект Зеебека, эффект Томсона).
3. Изменение термодинамических параметров в изобарных и изоэнтропных процессах. Детандеровы циклы.
4. Выхлоп или свободный выход газа из баллона
5. Адиабатное размагничивание. Десорбционное охлаждение.
6. Идеальный цикл ожижения и его анализ
7. Расчет многоступенчатых циклов.

8. Теплопроводность криогенных термодинамических систем.
9. Теплоотдача при конвекции в криогенных системах.
10. Теплоотдача при кипении в криогенных системах.
11. Теплоотдача при конденсации в криогенных системах
12. Процессы излучения в криогенных системах
13. Особенности теплообмена в двухфазных криогенных термодинамических системах.
14. Диаграммы равновесного состояния двухфазных термодинамических систем при низких температурах.
15. Процессы разделения бинарных систем при низких температурах

8. Рейтинг качества освоения модуля (дисциплины)

В соответствии с рейтинговой системой текущий контроль производится ежемесячно в течение семестра путем балльной оценки качества усвоения теоретического материала (ответы на вопросы) и результатов практической деятельности (решение задач, выполнение заданий, решение проблем).

Промежуточная аттестация (зачет) производится в конце семестра также путем балльной оценки. Итоговый рейтинг определяется суммированием баллов текущей оценки в течение семестра и баллов промежуточной аттестации в конце семестра по результатам зачета. Максимальный итоговый рейтинг соответствует 100 баллам (60 – текущая оценка в семестре, 40 – промежуточная аттестация в конце семестра).

9. Учебно-методическое и информационное обеспечение модуля (дисциплины)

Основная литература:

1. Филин Н.В., Буланов А.Б. Жидкостные криогенные системы. Л. Машиностроение, 1985.-206 с.
2. Барон Р.Ф. Криогенные системы. М.: Энергоатомиздат, 1989.-410 с.
3. Справочник по физикотехническим основам криогеники, под общ. ред. М. П. Малкова, 2 изд., М., 1973;
4. Кудинов В.А. и др. Техническая термодинамика. – М.: Высшая школа, 2001. – 261 с.
5. Григорьев В.А., Крохин Ю.И. Тепло- и массообменные аппараты криогенной техники: Учебное пособие для вузов.-М.: Энергоиздат, 1982.-312 с.

Дополнительная литература:

- 1 Криогенные системы (под редакцией Архарова А.М.) М.: Машиностроение, 1988.-464 с.
- 2 Микулин Е.И. Криогенная техника. М.: Машиностроение, 1969.-272 с.

3 В. Мааке, Г.-Ю. Эккерт, Ж.-Л. Кошпен. Учебник по холодильной технике пер. фран. под редакцией д-ра техн. наук В.Б. Сапожникова. М.: изд. МГУ, 1998.- 1144 с.

Программное обеспечение и *Internet-ресурсы*:

<http://www.gaudeamus.omskcity.com/>
<http://lord-n.narod.ru/>
<http://techlibrary.ru/>
<http://www.bibliotekar.ru/spravochnik-4/index.htm>
<http://solidstate.karelia.ru/~KOF/OLD/kse-pact/lectures/index.html>
<http://www.k204.ru/uchebniki.htm>
<http://tgv.khstu.ru/lib/learn/kniga.php>
<http://ihtik.lib.ru/>
<http://library.khstu.ru/ruslan.php>
<http://ingenerov.net>
http://www.msuee.ru/html2/med_gidr/13_4.html
<http://twt.mpei.ru>
<http://teplofizika.narod.ru/Sprawka.htm>
http://www.energosoft.info/new_knigi.html
http://www.fptl.ru/Chem%20block_spravo4nik.html
<http://www.enek.ru>
www.procae.ru
<http://www.chuvsu.ru>

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

При изучении основных разделов дисциплины используются технические средства и оборудование кафедры ТПТ. Практические занятия и самостоятельная работа студентов обеспечены современной лабораторной базой, вычислительной техникой, позволяющей проводить исследования процессов на современном уровне в соответствии с требованиями ООП.

Программа составлена на основе Стандарта ООП ТПУ в соответствии с требованиями ФГОС по направлению и профилю подготовки магистра «011200 Физика».

Программа одобрена на заседании кафедры «Теоретической и промышленной теплотехники» (протокол № ____ от «__» _____ 20__ г.).

(протокол № ____ от «__» _____ 20__ г.).

Автор _____ Борисов Б.В.

Рецензенты: _____ Логинов В.С.

_____ Медведев Г.Г.