

УТВЕРЖДАЮ:  
Проректор-директор ЭНИИ  
Боровиков Ю.С.  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2013 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МОДУЛЯ (ДИСЦИПЛИНЫ)**  
на 2013/2014 учебный год

***ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В КРИОГЕННЫХ СИСТЕМАХ***

Направление ООП: 011200 Физика  
Профиль подготовки: 010700.32 Физика и техника низких температур  
Квалификация (степень): ) магистр  
Базовый учебный план приема 2012 г.  
Курс 2 ; семестр 3  
Количество кредитов: 3  
Код дисциплины: ПЦ.В.1.2.0

Виды учебной деятельности	Временной ресурс
Лекции, ч	16
Практические занятия, ч	16
Лабораторные занятия, ч	-
Аудиторные занятия, ч	32
Самостоятельная работа, ч	64
ИТОГО, ч	96

Вид промежуточной аттестации Зачет в 3 семестре

Обеспечивающее подразделение «Кафедра теоретической и промышленной теплотехники»

Заведующий кафедрой: \_\_\_\_\_ Кузнецов Г.В.  
Руководитель ООП: \_\_\_\_\_ Крючков Ю.Ю.  
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», «Сопrotивление 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.

## Результаты освоения дисциплины

Формируемые компетенции в соответствии с ООП*	Результаты освоения дисциплины
31.2 36.1 36.5 38.4 39.3	<i>В результате освоения дисциплины бакалавр должен <b>знать</b>:</i> активные методы самостоятельной индивидуальной работы в познавательной, практической, творческой деятельности и научных основ организации труда; основные законы естественно-научных и математических дисциплин; теоретические основы рабочих процессов в энергетических машинах и аппаратах; основные теплофизические процессы, протекающие в энергетических машинах и аппаратах; методики обработки результатов экспериментальных исследований.
У1.2 У1.3 У2.4 У7.1 У8.4 У9.2 У9.3	<i>В результате освоения дисциплины бакалавр должен <b>уметь</b>:</i> сравнивать и сопоставлять изучаемые явления, оценивать и обобщать их, принимать оригинальные решения поставленных задач в рамках своей профессиональной деятельности; критически оценивать свои достоинства и недостатки с необходимыми выводами, оценивать с большой степенью самостоятельности результаты своей деятельности; демонстрировать личную ответственность при ведении профессиональной деятельности; использовать основные законы естественнонаучных и математических дисциплин в инженерной деятельности и процессах в теплотехнических устройствах; выявлять достоинства и недостатки известных технических решений, находить пути устранения недостатков; обрабатывать результаты экспериментальных исследований; проводить стандартные испытания по определению теплофизических, термодинамических и теплотехнических свойств различных сред.
В1.2 В6.1 В7.1 В9.2 В9.3	<i>В результате освоения дисциплины бакалавр должен <b>владеть</b>:</i> навыками самостоятельной индивидуальной работы; навыками использования основных законов естественнонаучных и математических дисциплин в инженерной деятельности и процессах в теплотехнических устройствах; оценки конкурентных преимуществ инженерных решений; навыками работы с экспериментальным оборудованием и исследовательскими приборами; навыками применения стандартных и оригинальных методик для определения теплофизических, термодинамических и теплотехнических свойств различных сред, участвующих в рабочих процессах в теплотехнических устройствах.

\*Расшифровка кодов результатов обучения и формируемых компетенций представлена в Основной образовательной программе подготовки магистров по направлению 011200 - «Физика»

## 4. Содержание теоретического раздела

### 4.1. Аннотированное содержание дисциплины

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

##### Лекция 1 (2 часа)

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, защиты окружающей среды.

### **Лекция 2 (2 часа)**

Основные задачи курса Терминология. Основные типы изоляции: насыпная, газонаполненная, вакуумная, вакуумно-порошковая, экранно-вакуумная.

### **Лекция 3 (2 часа)**

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

### **Лекция 4 (2 часа)**

Особенности термодинамических состояний и процессов при низких температурах.

Основные уравнения движения потока. Уравнения теплопроводности стенки.

### **Лекция 5 (2 часа)**

Одномерные и двумерные модели. Линеаризация уравнений динамики. Учет сжимаемости. Аксиальная теплопроводность охлаждаемого стержня. Теория гидроудара. Теплогидравлическая неустойчивость

### **Лекция 6 (2 часа)**

Стационарные режимы, оптимальная скорость.

Переходные процессы в трубопроводах. Захолаживание и заполнение трубопроводов жидкостью.

### **Лекция 7 (2 часа)**

Хранение и транспортирование криожидкостей с открытым и закрытым дренажем. Основы термодинамики открытых однофазных и двухфазных систем. Расчет процесса наддува по различным моделям. Явления стратификации и вскипания. Опорожнение резервуара.

### **Лекция 8 (2 часа)**

Захолаживание и заполнение резервуара жидкостью.

Различные модели процесса заполнения резервуара криожидкостью.

Оценка эффективности режимов заполнения.

#### 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.	2			4	Коллоквиум во время лекционных занятий	6
2	Физико-математические модели нестационарных термодинамических теплогидравлических процессов.	4			4	Коллоквиум во время лекционных занятий	8
3	Переходные процессы в криоканалах с учетом теплообмена.	4			4	Коллоквиум во время лекционных занятий	8
4	Теплофизические процессы в криорезервуарах.	6			4	Коллоквиум во время лекционных занятий	10
	Итого	16			16		32

#### 4.3. Распределение компетенций по разделам дисциплины

Распределение по разделам дисциплины планируемых результатов обучения по основной образовательной программе, формируемых в рамках данной дисциплины и указанных в пункте 3.

Таблица 3.

##### Распределение по разделам дисциплины планируемых результатов обучения

№	Формируемые компетенции	Разделы дисциплины								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.	31.2	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2.	32.4	x	x	x	x	x	x	x	x	x
3.	36.1	x	x	x	x	x	x	x	x	x
4.	36.5					x				x
5.	37.1				x	x				x
6.	37.2				x	x				x
7.	38.4			x	x	x				x
8.	39.2			x	x	x		x	x	x
9.	39.3			x	x	x		x	x	x
10.	У1.2			x	x	x		x	x	x
11.	У1.3	x	x	x	x	x	x	x	x	x
12.	У2.4					x				x
13.	У6.1	x	x	x	x	x	x	x	x	x

№	Формируемые компетенции	Разделы дисциплины								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
14.	У7.1				x	x				x
15.	У8.4				x	x				x
16.	У9.2			x	x	x	x	x	x	x
17.	У9.3			x	x	x	x	x	x	x
18.	В1.2	x	x	x	x	x	x	x	x	x
19.	В6.1	x	x	x	x	x	x	x	x	x
20.	В7.1				x	x				x
21.	В9.2			x	x	x	x	x	x	x
22.	В9.3			x	x	x	x	x	x	x

## 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)

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

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-волокнистой 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://www.msuee.ru/html2/med_gidr/13_4.html)  
<http://twm.mpei.ru>  
<http://teplofizika.narod.ru/Sprawka.htm>  
[http://www.energsoft.info/new\\_knigi.html](http://www.energsoft.info/new_knigi.html)  
[http://www.fptl.ru/Chem%20block\\_spravo4nik.html](http://www.fptl.ru/Chem%20block_spravo4nik.html)  
<http://www.enek.ru>  
[www.procae.ru](http://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 No \_\_\_\_ от «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_

Автор \_\_\_\_\_ Борисов Б.В.

Рецензенты:

\_\_\_\_\_ Логинов В.С.

\_\_\_\_\_ Медведев Г.Г.