

УТВЕРЖДАЮ

Директор ЭНИИ

Завьялов В.М.

«24» 02 2016 г.

БАЗОВАЯ РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
КРИОВАКУУМНАЯ ТЕХНИКА

Направление ООП 03.04.02 Физика
Профиль подготовки Производство, транспорт и хранение сжиженного природного газа
Квалификация магистр
Базовый учебный план приема 2016 г.
Курс 2 Семестр 3
Количество кредитов 3
Код дисциплины ДИСЦ.В.М.2.3

Виды учебной деятельности	Временной ресурс по очной форме обучения
Лекции, ч	8
Лабораторные занятия, ч	-
Практические занятия, ч	16
Аудиторные занятия, ч	24
Самостоятельная работа, ч	84
ИТОГО, ч	108

Вид промежуточной аттестации Экзамен в 3 семестре

Обеспечивающее подразделение каф. ТПТ

ЗАВЕДУЮЩИЙ КАФЕДРОЙ



Кузнецов Г.В.

РУКОВОДИТЕЛЬ ООП



Лидер А.М.

ПРЕПОДАВАТЕЛЬ



Максимов В.И.

2016 г.

Цели освоения модуля (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 способов получения вакуума с помощью низкотемпературной техники; с использованием методов расчёта (проектирования) установок и систем криовакуумной техники; с применением на практике методов оценки эффективности, надёжности и безопасности систем криовакуумной техники при разработке, проектировании и эксплуатации промышленных комплексов.

1. Место модуля (дисциплины) в структуре ООП

Дисциплина относится к вариативной части вариативного междисциплинарного профессионального модуля (М1.ВМ.4.2) «Производство, транспорт и хранение сжиженного природного газа». Дисциплине «Криовакуумная техника» предшествует освоение дисциплин (ПРЕРЕКВИЗИТЫ): «Техническая термодинамика», «Тепломассообмен», «Экспериментальные исследования тепломассообменных и газодинамических процессов», «Физико-химические основы тепломассообменных процессов».

Содержание разделов дисциплины «Криовакуумная техника» согласовано с содержанием дисциплин, изучаемых параллельно (КОРЕКВИЗИТЫ): «Холодильные машины и установки», «Установки и системы низкотемпературной техники», «Теплофизические процессы в криогенных системах», «Тепломассообменные аппараты низкотемпературных установок», «Технология получения и транспортировки сжиженного газа».

2. Результаты освоения модуля (дисциплины)

При изучении дисциплины у студентов должны быть сформированы теоретические знания об основных законах теплообмена, практические навыки самостоятельного проведения измерений основных теплофизических характеристик веществ и умение проводить анализ полученных результатов.

В процессе освоения дисциплины у студентов развиваются следующие компетенции:

1. Универсальные (общекультурные)

– способность самостоятельно приобретать с помощью информационных технологий и использовать в практической деятельности новые знания и умения, в том числе в новых областях знаний, непосредственно не связанных

со сферой деятельности, расширять и углублять свое научное мировоззрение (ОК-3);

– способность порождать новые идеи (креативность) (ОК-5);

– способность адаптироваться к изменению научного и научно-производственного профиля своей профессиональной деятельности (ОК-7);

– способность использовать базовые знания и навыки управления информацией для решения исследовательских профессиональных задач, соблюдать основные требования информационной безопасности, в том числе защиты государственной тайны (ОК-10).

2. Профессиональные

– способность свободно владеть фундаментальными разделами физики, необходимыми для решения научно-исследовательских задач (ПК-1);

– способность использовать знания современных проблем физики, новейших достижений физики в своей научно-исследовательской деятельности (ПК-2);

– способность самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области низкотемпературной физики и решать их с помощью современной аппаратуры (ПК-3);

– способность и готовность применять на практике навыки составления и оформления научно-технической документации, научных отчетов, обзоров, докладов и статей (ПК-4).

– способность свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научно-инновационных задач (ПК-6);

– способность свободно владеть профессиональными знаниями для анализа физической информации (ПК-7);

– способность организовывать и планировать физические исследования (ПК-9);

После изучения данной дисциплины магистранты приобретают знания, умения и опыт, соответствующие результатам основной образовательной программы: Р2, Р6, Р7, Р8, Р9. Соответствие результатов освоения дисциплины «Криовакуумная техника» формируемым компетенциям ООП представлено в таблице 1.

В соответствии с требованиями ООП освоение дисциплины (модуля) направлено на формирование у студентов следующих компетенций (результатов обучения), в т. ч. в соответствии с ФГОС:

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-5,7,10; ПК- 1-4,6,7,9)	3.2.1.	порядок использования справочно-информационных изданий и сайтов по фундаментальным исследованиям в области физики конденсированного состояния и научной аппаратуре;	У.2.1.	осуществлять сбор, обработку, анализ и систематизацию научно-технической информации по теме исследований и разработок и вести нормативные и методические документы при проведении научно-исследовательских и лабораторных работ;	В.2.1.	методами исследований механических, электрических, магнитных и тепловых свойств твердых тел, а также умением модернизировать и создавать новые приборы и устройства;
	3.2.2.	специальную литературу и научно-техническую информацию, научные достижения в области профессиональной деятельности, проблемы и предполагаемые методы решения;	У.2.2.	самостоятельно и квалифицировать эксплуатировать современное лабораторное и оборудование и прибору по профессиональному направлению исследований.	В.2.2.	методами проведения патентного поиска, описанием проводимых исследований, подготовке данных для составления обзоров и отчетов и другой документации.
P6 (ОК-5,7,10; ПК- 1-4,6,7,9)	3.6.1.	методы проведения аналитических и имитационных исследований с применением современных достижений науки и техники;	У.6.1.	критически оценивать полученные теоретические и экспериментальные данные;	В.6.1.	на уровне эксперта экспериментально технико-проектной документацией, существующих наукоемких методик изготовления изделий для успешной конкуренции на рынке идей и технологий;
	3.6.2.	правовые основы в области интеллектуальной собственности.	У.6.2.	планировать научный эксперимент.	В.6.2.	работать с результатами испытаний и обрабатывать экспериментальные результаты методами статистической и математической обработки экспериментальных данных.
P7 (ОК-5,7,10; ПК- 1-4,6,7,9)	3.7.2	существующие установки (машины), предназначенные для данных целей	У. 7.2	. использовать основные законы естественнонаучных и математических дисциплин в процессах в теплотехнических устройствах;	В. 7.2	составления схем установок; эксплуатация и испытания холодильных машин на лабораторных стендах и объектах промышленного комплекса
	3.7.3	основные законы естественно-научных и математических дисциплин;	У.7.3	выявлять достоинства и недостатки известных технических решений, находить пути устранения недостатков;	В.7.3	оценки конкурентных преимуществ инженерных решений;

Р8 (ОК-5,7,10; ПК- 1-4,6,7,9)	3.8.2	основные теплофизические процессы, протекающие в энергетических машинах и аппаратах;	У.8.2	обрабатывать результаты экспериментальных исследований;	В. 8.2	навыками работы с экспериментальным оборудованием и исследовательскими приборами;
	3.8.3	методики обработки результатов экспериментальных исследований.	У. 8.3	проводить стандартные испытания по определению теплофизических, термодинамических и теплотехнических свойств различных сред.	В. 8.3	навыками применения стандартных и оригинальных методик для определения теплофизических, термодинамических и теплотехнических свойств различных сред, участвующих в рабочих процессах в теплотехнических устройствах.
Р9 (ОК-5,7,10; ПК- 1-4,6,7,9)	3.8.2	способы и методы формирования у студентов способности применять общие методы к решению нестандартных проблем к профессиональной области;	У.8.2	планировать на высоком профессиональном уровне и самостоятельно проводить эффективную научную работу, а также критически оценивать ее результаты;	В. 8.2	подготовкой к реализации научной работы и научных проектов различного уровня проектных систем федерального уровня, а также международных грантов;
	3.8.3	основные принципы работы в команде и методы работы многопрофильной группе специалистов	У. 8.3	представлять итоги выполненной работы в виде докладов, научных публикаций с использованием современных возможностей информационных технологий и ораторского искусства, а также добиваться их признания	В. 8.3	методами и способами организации научно-исследовательских работ, управления научным коллективом, обусловленными способностями проявлять инициативу и личную ответственность, самостоятельность, готовность к

В результате освоения дисциплины «Системы и установки низкотемпературной техники» студентом должны быть достигнуты следующие результаты:

Таблица 2 Планируемые результаты освоения дисциплины

№ п/п	Результат
	В результате освоения дисциплины магистр должен сформировать профессиональные компетенции:
РД1	Принимать участие в фундаментальных исследованиях и проектах в области криовакуумных машин и установок, а также в модернизации современных и создании новых методов получения вакуума с использованием холода.
РД2	Проявлять способность к планированию и проведению аналитических имитационных исследований криовакуумных установок на лабораторных стендах и объектах промышленного комплекса с применением современных достижений науки и техники, передового отечественного и зарубежного

	опыта в области научных исследований по выбору криовакуумных насосов, знать правовые основы в области интеллектуальной собственности.
	В результате освоения дисциплины магистр должен сформировать универсальные компетенции:
РД3	Уметь интегрировать знания в сфере научных исследований и решать задачи, требующие абстрактного и креативного мышления и оригинальности в разработке концептуальных аспектов проектов научных исследований в области низкотемпературной техники.
РД4	Понимать необходимость самостоятельного обучения и повышения квалификации в области современного оборудования криовакуумной техники по подбору элементного состава криовакуумных систем и выбора рабочих тел для эффективной работы насосов в течение всего периода профессиональной деятельности.
РД5	Проявлять способность, эффективно работать самостоятельно и в команде, а также быть готовым к педагогической деятельности в области криовакуумной техники.

3. Структура и содержание дисциплины

Содержание разделов дисциплины:

Раздел 1 Основные понятия о физических процессах получения вакуума с использованием низкотемпературной техники.

Лекционные занятия:

Лекция 1. Основные понятия вакуумной техники.

История развития вакуумной техники. Области применения вакуумной техники. Основные понятия вакуумной техники. Понятие вакуума. Единицы измерения давления в вакуумной технике. Состав сухого атмосферного воздуха. Скорость движения молекул газа. Число молекул газа, ударяющихся о единичную поверхность стенки сосуда в единицу времени. Средняя длина пробега. Основные характеристики вакуумных насосов. Основное уравнение вакуумной техники. Режимы течения газа. Расчет проводимости в молекулярном и вязкостном режимах.

Лекция 2. Традиционные средства получения вакуума (часть 1).

Техника получения вакуума традиционными методами. Механические насосы: поршневые, ротационные, двухроторные. Газоперемещающие насосы. Молекулярные насосы. Преимущества и недостатки. Основные характеристики. Принцип работы.

Лекция 3. Традиционные средства получения вакуума (часть 2).

Распыляемые геттеры. Механизм откачки. Испарительные насосы. Электродуговые геттерные насосы. Ионно-геттерные насосы. Магнитные электроразрядные насосы. Преимущества и недостатки. Основные характеристики. Принцип работы. Нераспыляемые геттеры.

Лекция 4. Традиционные средства получения вакуума (часть 3).

Низкотемпературные геттеры. Температура активации. Конструктивные исполнения. Преимущества и недостатки. Области применения. Адсорбционные насосы. Принцип действия. Сорбент. Скорость адсорбции и десорбции. Адсорбционная емкость. Полное число молекул, которые могут быть поглощены поверхностью единичной площади. Изотерма сорбции. Определение теплоты адсорбции. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса. Удельная поверхность. Емкость монослоя. Традиционные адсорбенты. Активные угли. Цеолиты. Силикагели. Их основные характеристики. Конструктивное исполнение адсорбционных насосов. Преимущества и недостатки.

Практические занятия:

- Расчет коэффициентов массообмена;
- Определение времени откачки до заданного давления форвакуумными крионасосами;
- Расчет криовакуумной системы.

Самостоятельная работа студентов: Самостоятельно студенты расширяют и углубляют знания, получаемые на лекционных и лабораторных занятиях с использованием дополнительной литературы.

6. Организация и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

6.1. Виды и формы самостоятельной работы

Самостоятельная работа студентов включает текущую самостоятельную работу. Текущая СРС направлена на углубление и закрепление знаний студента, развитие практических умений и включает:

- работу с лекционным материалом, поиск и обзор литературы и электронных источников информации по индивидуально заданной проблеме курса;
- выполнение домашних заданий и контрольных работ;
- подготовка к практическим и семинарским занятиям;
- подготовка к контрольной работе и к зачету.

Творческая самостоятельная работа включает: поиск, анализ, структурирование и презентация информации.

6.3 Контроль самостоятельной работы

Оценка результатов самостоятельной работы организуется как единство двух форм: самоконтроль и контроль со стороны преподавателей. Самоконтроль организуется посредством календарного рейтинг-плана освоения дисциплины. Контроль со стороны преподавателя ведется путем проведения защит индивидуальных заданий и докладов, контрольных опросов на лекционных занятиях.

7. Средства текущей и промежуточной оценки качества освоения дисциплины

Оценка качества освоения дисциплины производится по результатам следующих контролируемых мероприятий:

Контролирующие мероприятия	Результаты обучения по дисциплине
<i>выполнение практических заданий</i>	РД1, РД2
<i>презентации по тематике исследований во время проведения</i>	РД3, РД4, РД5
<i>диф. зачет</i>	РД1, РД2, РД3, РД4, РД5

Для оценки качества освоения дисциплины при проведении контролируемых мероприятий предусмотрена проверка ритмичности работы студентов, оценка усвоения теоретического, практического материала и приобретенных знаний, умений и навыков.

Текущий контроль обеспечивается:

- опросом студентов на практических занятиях, решением задач;
- выполнением и защитой домашнего задания согласно рейтинг-плана;
- ежемесячной аттестацией студентов по результатам посещения лекционных и практических занятий, опроса на практических занятиях, выполнения домашнего задания.

По дисциплине составлен рейтинг–план в соответствии с которым результаты текущей аттестации подаются в учебную часть ЭНИН.

Примеры вопросов и заданий текущего контроля

1. Течение газа в вакууме. Классификация областей течений.
Молекулярное течение в больших сосудах с крионасосами, имеющими большие поверхности откачки. Газовые течения в вязкостной области.
2. Конденсация чистых газов. Коэффициенты конденсации и испарения.
Методы измерения параметров процесса конденсации. Структура газового конденсата и его физические свойства.
3. Криосорбция на газовых конденсатах. Динамические характеристики адсорбционных слоев конденсата.
4. Криосорбция на пористых твердых телах. Твердые адсорбенты.
Изотермы адсорбции. Основные свойства адсорбентов. Быстрота действия в высоком и сверхвысоком вакууме.

5. Конденсация смесей газов, криозахват. Свойства конденсата смеси в состоянии равновесия. Быстрота действия процесса криозахвата. Отличительные черты процесса захвата.
6. Поглощение газов на металлических пленках при криотемпературах. Сублимационный титановый насос. Механизм откачки. Технология сублимационного титанового насоса.
7. Крионасосы, работающие по принципу ванны.
8. Крионасосы, работающие по принципу испарителя.
9. Крионасосы рифрижераторы.
10. Измерительные устройства для крионасосов и криогенный установок.
11. Применение криовакуумной техники.

8. Рейтинг качества освоения дисциплины (модуля)

В соответствии с «Календарным планом изучения дисциплины»:

- текущая аттестация (оценка качества усвоения теоретического материала (ответы на вопросы и др.) и результаты практической деятельности (решение задач, выполнение заданий, решение проблем и др.) производится в течение семестра (оценивается в баллах (максимально 60 баллов), к моменту завершения семестра студент должен набрать не менее 33 баллов);
- промежуточная аттестация (экзамен, зачет) производится в конце семестра (оценивается в баллах (максимально 40 баллов), на зачете студент должен набрать не менее 22 баллов).

Итоговый рейтинг по дисциплине определяется суммированием баллов, полученных в ходе текущей и промежуточной аттестаций. Максимальный итоговый рейтинг соответствует 100 баллам.

9. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

Основная литература:

1. Вентура, Гуглиельмо. Искусство криогеники. Низкотемпературная техника в физическом эксперименте, промышленных и аэрокосмических приложениях : учебно-справочное руководство : пер. с англ. / Г. Вентура, Л. Ризегари. — Долгопрудный: Интеллект, 2011. — 332 с.: ил. — Библиография в конце глав. — ISBN 978-5-91559-040-2.
2. Попов, Александр Николаевич. Вакуумная техника : учебное пособие / А. Н. Попов. — Москва; Минск: Инфра-М Новое знание, 2012. — 166 с.: ил. — Высшее образование. Бакалавриат. — Библиогр.: с. 166. — ISBN 978-5-16-006031-6. — ISBN 978-985-475-500-7.
3. Юрьева, Алена Викторовна. Расчет вакуумных систем [Электронный ресурс] : учебное пособие / А. В. Юрьева; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ), Физико-технический институт (ФТИ), Кафедра химической технологии редких, рассеянных и радиоактивных элементов (№ 43)

(ХТРЭ). — 1 компьютерный файл (pdf; 3.0 МВ). — Томск: Изд-во ТПУ, 2012. — Заглавие с титульного экрана. — Доступ из корпоративной сети ТПУ. — Системные требования: Adobe Reader.

4. Течеискание : учебное пособие для вузов / А. И. Евлампиев [и др.]; Российское общество по неразрушающему контролю и технической диагностике (РОНКТД) ; под ред. В. В. Ключева. — Москва: Спектр, 2011. — 208 с.: ил. — Диагностика безопасности. — Библиогр.: с. 205-206. — ISBN 978-5-904270-65-0.

Дополнительная литература:

1. Болдырева, Людмила Борисовна. Что дает физике наделение физического вакуума свойствами сверхтекучего ^3He -В / Л. Б. Болдырева. — Москва: Либроком, 2012. — 119 с. — Relata Refero. — Библиогр.: с. 106-119. — ISBN 978-5-397-02325-2.
2. Кузнецов, Сергей Иванович. Молекулярная физика. Термодинамика [Электронный ресурс] : / С. И. Кузнецов; Томский политехнический университет (ТПУ). — 1 компьютерный файл (pdf; 3032 КВ). — Москва: ТПУ (Томский Политехнический Университет), 2011. — Заглавие с титульного экрана. — Электронная версия печатной публикации. — Допущено Научно-методическим Советом по физике Министерства образования и науки Российской Федерации в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по техническим направлениям подготовки и специальностям. — Системные требования: Adobe Reader. — ISBN.
3. Мышкин, Вячеслав Фёдорович. Лабораторный практикум по дисциплине "Кинетика физико-химических явлений и методы их изучения" [Электронный ресурс] : учебное пособие / В. Ф. Мышкин, Д. А. Ижойкин, А. Д. Побережников; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ), Физико-технический институт (ФТИ), Кафедра технической физики (№ 23) (ТФ). — 1 компьютерный файл (pdf; 5.2 МВ). — Томск: Изд-во ТПУ, 2013. — Заглавие с титульного экрана. — Электронная версия печатной публикации. — Доступ из корпоративной сети ТПУ. — Системные требования: Adobe Reader.
4. Кузнецов, Сергей Иванович. Курс физики с примерами решения задач: учебное пособие / С. И. Кузнецов; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). — Томск: Изд-во ТПУ, 2013-Ч. 2 : Электричество и магнетизм. Колебания и волны. — 2013. — 350 с.: ил. — Библиогр.: с. 322. — Глоссарий: с. 341-346. — ISBN 978-5-4387-0301-3.

в) программное обеспечение и *Internet-ресурсы*:

<http://techlibrary.ru/>

<http://www.bibliotekar.ru/spravochnik-4/index.htm>

<http://library.khstu.ru/>

<http://www.elibrary.ru/>

10. Материально - техническое обеспечение модуля (дисциплины)

Лекционные, практические занятия и самостоятельная работа студентов обеспечены современной аудиториями, позволяющими проводить занятия на современном уровне в соответствии с требованиями ООП.

№ п/п	Наименование (компьютерные классы, учебные лаборатории, оборудование)	Корпус, ауд., количество установок
1	Лекционные аудитории с мультимедийным оборудованием	4 к. -27,29 ауд.

Программа составлена на основе Стандарта ООП ТПУ в соответствии с требованиями ФГОС по направлению 03.04.02 Физика.

Программа одобрена на заседании кафедры теоретической и промышленной теплотехники

(протокол № 7 от « 05 » 02 2016 г.).

Автор  Максимов В.И.

Рецензент  Нагорнова Т.А.

 Захаревич А.В.