

УТВЕРЖДАЮ

Директор ЭНИИ

В.М. Завьялов

«24» 02 2016 г.

БАЗОВАЯ РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ И ТРАНСПОРТИРОВКИ СЖИЖЕННОГО  
ГАЗА

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 6

Код дисциплины ДИСЦ.В.М.2.2

Виды учебной деятельности	Временной ресурс по очной форме обучения
Лекции, ч	16
Практические занятия, ч	16
Лабораторные занятия, ч	32
Аудиторные занятия, ч	64
Самостоятельная работа, ч	152
ИТОГО, ч	216

Вид промежуточной аттестации Экзамен, диф. зачет в 3 семестре

Обеспечивающее подразделение каф. ТПТ

ЗАВЕДУЮЩИЙ КАФЕДРОЙ



Кузнецов Г.В.

РУКОВОДИТЕЛЬ ООП



Лидер А.М.

ПРЕПОДАВАТЕЛЬ



Максимов В.И.

2016 г.

## **1. Цели освоения модуля (дисциплины)**

В результате освоения данной дисциплины магистр приобретает знания, умения и навыки, обеспечивающие достижение Ц1-Ц4 и Ц6 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, передачи и использования сжиженного газа; с использованием методов расчёта (проектирования) установок и систем сжижения природного газа; с применением на практике методов оценки эффективности, надёжности и безопасности систем низкотемпературной техники при разработке, проектировании и эксплуатации промышленных комплексов сжижения природного газа.

## **2. 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 «Технология получения и транспортировки сжиженного газа» предшествует освоение дисциплин (ПРЕРЕКВИЗИТЫ): «Техническая термодинамика», «Тепломассообмен», «Экспериментальные исследования тепломассообменных и газодинамических процессов», «Физико-химические основы тепломассообменных процессов».

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

## **3. Результаты освоения модуля (дисциплины)**

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

*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 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 формируемым компетенциям ООП представлено в таблице 1.

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 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 предполагаемые методы решения;	У.2.2.	самостоятельно и квалифицировать эксплуатировать современное лабораторное и аналитическое 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;
P8 (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	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 физики и техники сжижения природного газа, а также в модернизации современных и создании новых методов изучения механических, электрических, магнитных, тепловых свойств сжиженных веществ.
РД2	Проявлять способность к планированию и проведению аналитических имитационных исследований в области сжижения, хранения и транспортировки сжиженного газа с применением современных достижений науки и техники, передового отечественного и зарубежного опыта в области научных исследований, уметь критически оценивать полученные теоретические и экспериментальные данные и делать выводы, знать правовые основы в области интеллектуальной собственности.
	В результате освоения дисциплины магистр должен сформировать универсальные компетенции:
РД3	Уметь интегрировать знания в различных и смежных областях научных исследований и решать задачи, требующие абстрактного и креативного мышления и

	оригинальности в разработке концептуальных аспектов проектов научных исследований в области физики сжижения, транспортировки и хранения сжиженного газа.
РД4	Понимать необходимость самостоятельного обучения и повышения квалификации в течение всего периода профессиональной деятельности в области низкотемпературного сжижения природного газа.
РД5	Проявлять способность, эффективно работать самостоятельно в качестве члена команды по тематике сжижения природного газа, быть лидером в команде, консультировать по вопросам проектирования научных исследований, а также быть готовым к педагогической деятельности.

#### 4. Структура и содержание модуля (дисциплины)

Содержание разделов модуля (дисциплины):

*Лекционные занятия:*

**Лекция 1, 2. Области применения аппаратов охлаждения газов, физические принципы, лежащие в основе конструкций аппаратов охлаждения.**

Охлаждение природного газа при транспортировке для увеличения пропускной способности газопроводов и уменьшения термических напряжений металла труб. Охлаждение воздуха в промышленных и бытовых целях. Глубокое охлаждение и сжижение газов для транспортировки и (или) использования в качестве хладагента. Используемые физические принципы охлаждения: дросселирование потока, применение испаряющихся и неиспаряющихся теплоносителей в рекуперативных теплообменных аппаратах, детандерные схемы с процессами глубокого расширения газов.

**Лекция 3, 4. Установки охлаждения.**

Принципиальные технологические схемы установок. Термодинамический анализ влияния выбора хладагента и характеристик оборудования на коэффициент холодопроизводительности. Мощность установки и ее расчет. Устройство и принцип работы детандеров, оценка их эффективности, достоинства и недостатки поршневых и осевых детандеров. Области применения. Эффект Ранка-Хилша, возможности вихревых труб.

**Лекция 5, 6. Сжижение газов. Аппараты и технологии.**

Свойства сжиженных газов. Термодинамический анализ процессов сжижения газов. Типы установок, их устройство и основы расчета. Области применения сжиженных газов. Термодинамические условия получения газогидратов. Их образование в газопроводах, борьба с газогидратными отложениями. Полезное использование газогидратов, установки и оборудование для их получения, хранения и транспортировки.

## **Лекция 7,8. Транспортировка и хранение охлажденных и сжиженных газов.**

Виды транспорта (морской, трубопроводный, сухопутный) и их особенности. Расчет изотермического трубопровода. Расчет термоизоляционного покрытия резервуаров, возможности подземного хранения. Способы использования регазифицируемого сжиженного природного газа в технологических установках. Наименьшая и действительная работа, удельная работа при регазификации. Возможности использования сжиженных газов в циклах паросиловых установок.

### *Практические занятия:*

1. Расчет основных параметров одноступенчатой установки сжижения природного газа с однокомпонентным холодильным агентом.
2. Расчет основных параметров одноступенчатой установки сжижения природного газа с многокомпонентным холодильным агентом.
3. Расчет основных параметров двухступенчатой установки сжижения природного газа с чистыми холодильными агентами.
4. Расчет основных параметров многоступенчатой установки сжижения природного газа с многокомпонентными холодильными агентами.
5. Расчет основных характеристик турбодетандера при его использовании в установках сжижения.
6. Расчет основных характеристик вихревой трубы при его использовании в установках сжижения.

### *Лабораторные работы:*

1. Исследование работы компрессорной установки при сжатии природного газа.
2. Исследование работы турбодетандера в установке сжижения природного газа.
3. Исследование работы вихревой трубы в установке сжижения природного газа.
4. Исследование работы холодильной установки в установке сжижения природного газа.

*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 лабораторным занятиям;
- подготовка к контрольной работе и к экзамену.

Творческая самостоятельная работа включает:

- поиск, анализ, структурирование и презентация информации;
- выполнение курсовой работы;
- исследовательская работа и участие в научных студенческих конференциях, семинарах и олимпиадах;
- анализ научных публикаций по заранее определенной преподавателем теме.

### 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 и защита практических заданий</i>	РД1, РД2
<i>защита индивидуальных заданий</i>	РД4
<i>презентации по тематике исследований во время проведения конференц-недели</i>	РД2, РД3, РД5
<i>Защита курсовой работы</i>	РД4
<i>экзамен</i>	РД1-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 и курсовой работы.

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

### **Примеры вопросов и заданий текущего контроля**

1. Физико-химические свойства сжиженных углеводородных газов
2. Физико-химические свойства синтетических жидких топлив
3. Технологии производства сжиженных нефтяных газов
4. Технологии производства сжиженного природного газа
5. Технологии производства синтетических жидких топлив
6. Производство жидких углеводородов путем утилизации низконапорных и факельных попутных газов нефтяных и газовых месторождений
7. Транспорт сжиженных углеводородных газов
8. Хранение сжиженных углеводородных газов
9. Станции (базы) и терминалы приема, хранения и распределения сжиженных газов
10. Использование сжиженных углеводородных газов

### **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) производится в конце семестра (оценивается в баллах (максимально 40 баллов), на экзамене 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.

В соответствии с «Календарным планом выполнения курсовой работы»:

- текущая аттестация (оценка качества выполнения разделов и др.) производится в течение семестра (оценивается в баллах (максимально 40 баллов), к моменту завершения семестра студент должен набрать не менее 22 баллов);
- промежуточная аттестация (защита работы) производится в конце семестра (оценивается в баллах (максимально 60 баллов), по результатам защиты студент должен набрать не менее 33 баллов).

Итоговый рейтинг выполнения курсовой работы определяется суммированием баллов, полученных в ходе текущей и промежуточной аттестаций. Максимальный итоговый рейтинг соответствует 100 баллам.

## 9. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

Основная литература:

1. Майорец, Максим. Сжиженный газ - будущее мировой энергетики / М. Майорец, К. Симонов. — Москва: Альпина Паблицер, 2013. — 358 с.: ил. — ISBN 978-5-9614-4403-2.

2. Крупномасштабное производство сжиженного природного газа : учебное пособие / В. С. Вовк [и др.]. — Москва: Недра, 2011. — 244 с.: ил. — Библиография в конце глав. — Глоссарий: с. 234-237. — ISBN 978-5-8365-0384-0.

3. Кидни, А. Дж. Основы переработки природного газа : пер. с англ. / А. Дж. Кидни, У. Р. Парриш, Д. Маккартни. — Санкт-Петербург: Профессия, 2014. — 664 с.: ил. — Библиография в конце глав. — ISBN 978-5-91884-055-9.

4. Переработка нефти: теоретические и технологические аспекты : [учебное пособие] / Т. В. Бухаркина [и др.]; под ред. Н. Г. Дигурова, Б. П. Туманяна. — Москва: Техника ГУМА ГРУПП, 2012. — 495 с.: ил. — Библиогр.: с. 487-489. — ISBN 5-93969-040-8.

Дополнительная литература:

1. Рачевский, Борис Семенович. Подготовка рабочих и мастеров для индустрии сжиженных углеводородных газов / Б. С. Рачевский. — Москва: Недра, 2013. — 343 с.: ил. — Библиогр.: с. 322-323. — ISBN 978-5-8365-0405-2.

2. Николаев, Валерий Александрович. Физические основы разработки месторождений углеводородов : учебное пособие для вузов / В. А. Николаев. — Ижевск; Москва: Институт компьютерных исследований, 2013. — 310 с.: ил. — Библиогр. в конце гл. — ISBN 978-5-4344-0061-9.

3. Левашова, Альбина Ивановна. Химия природных энергоносителей и углеродных материалов [Электронный ресурс] : учебное пособие / А. И. Левашова, Е. Н. Ивашкина, Е. В. Бешагина; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ), Институт природных ресурсов (ИПР), Кафедра химической технологии топлива и химической кибернетики (ХТТ). — 2-е изд. — 1 компьютерный файл (pdf; 1.8 МВ). — Томск: Изд-во ТПУ, 2013. — Заглавие с титульного экрана. — Электронная версия печатной публикации. — Доступ из корпоративной сети ТПУ. — Системные требования: Adobe Reader. Схема доступа: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2013/m405.pdf>

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)

Практические занятия и самостоятельная работа студентов обеспечены современной аудиторией, позволяющими проводить занятия на современном уровне в соответствии с требованиями ООП.

№ п/п	Наименование (компьютерные классы, учебные лаборатории, оборудование)	Корпус, ауд.
1	Лекционные аудитории с мультимедийным оборудованием, лабораторными установками.	4 к. -27,29,107 ауд. 8 к. -128 ауд.

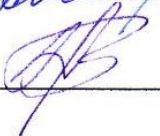
Программа составлена на основе Стандарта ООП ТПУ в соответствии с требованиями ФГОС по направлению 03.04.02 Физика.

Программа одобрена на заседании кафедры теоретической и промышленной теплотехники

(протокол № 7 от «05» 02 20 16 г.).

Автор(ы)  Максимов В.И.

Рецензент(ы)  Нагорнова Т.А.

 Захаревич А.В.