

**Министерство науки и высшего образования РФ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

---

Направление подготовки/специальность: 14.04.01 Ядерная энергетика и теплофизика

Наименование образовательной программы: Физика и техника низких температур

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная


**Рабочая программа дисциплины**  
**ТЕХНОЛОГИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СЖИЖЕННОГО ПРИРОДНОГО**  
**ГАЗА**

<b>Блок:</b>	<b>Блок 1 «Дисциплины (модули)»</b>
<b>Часть образовательной программы:</b>	<b>Часть, формируемая участниками образовательных отношений</b>
<b>№ дисциплины по учебному плану:</b>	<b>Б1.Ч.04</b>
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	<b>3 семестр - 4;</b>
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	<b>144 часа</b>
<b>Лекции</b>	<b>3 семестр - 32 часа;</b>
<b>Практические занятия</b>	<b>3 семестр - 16 часов;</b>
<b>Лабораторные работы</b>	<b>не предусмотрено учебным планом</b>
<b>Консультации</b>	<b>3 семестр - 2 часа;</b>
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>3 семестр - 93,5 часа;</b>
<b>в том числе на КП/КР</b>	<b>не предусмотрено учебным планом</b>
<b>Иная контактная работа</b>	<b>проводится в рамках часов аудиторных занятий</b>
<b>включая:</b> <b>Контрольная работа</b> <b>Коллоквиум</b>	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Экзамен</b>	<b>3 семестр - 0,5 часа;</b>

**Москва 2024**

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**


Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Бухаров А.В.
	Идентификатор	R2a4c31b9-BukharovAV-f1e45d71

А.В. Бухаров


**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель  
образовательной программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Крюков А.П.
	Идентификатор	R9b81f956-KryukovAP-8dacf4ed

А.П. Крюков

Заведующий выпускающей  
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Пузина Ю.Ю.
	Идентификатор	Re86e9a56-Puzina-4d2acad1

Ю.Ю. Пузина

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** Изучение процессов сжижения, хранения, транспортировки и использования углеводородных газов

### Задачи дисциплины

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ПК-3 Готов самостоятельно определять направление и характер проводимых исследований, учитывать современные тенденции развития низкотемпературной техники	ИД-2ПК-3 Знает основные направления развития и современные тенденции при расчете и анализе эффективности низкотемпературных установках	знать: - физико- химические свойства сжиженных природных газов (СПГ), особенности получения и использования СПГ.  уметь: - проводить технико-технологические расчеты принципиальной и технологической схем производства, хранения и транспортировки СПГ; - проводить выбор основного и вспомогательного оборудования для производства, хранения и использования СПГ.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Физика и техника низких температур (далее – ОПОП), направления подготовки 14.04.01 Ядерная энергетика и теплофизика, уровень образования: высшее образование - магистратура.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать физико- химические свойства сжиженных природных газов (СПГ), особенности получения и использования СПГ
- уметь проводить выбор основного и вспомогательного оборудования для производства, хранения и использования СПГ
- уметь проводить технико-технологические расчеты принципиальной и технологической схем производства, хранения и транспортировки СПГ

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 часа.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы										Содержание самостоятельной работы/ методические указания
				Контактная работа							СР			
				Лек	Лаб	Пр	Консультация		ИКР		ПА	Работа в семестре	Подготовка к аттестации /контроль	
КПР	ГК	ИККП	ТК											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Производство и использование СПГ	27	3	8	-	4	-	-	-	-	-	15	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 2-125
1.1	Производство и использование СПГ	27		8	-	4	-	-	-	-	-	15	-	
2	Хранение, транспортировка и заправка.	27		8	-	4	-	-	-	-	-	15	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 125-180
2.1	Хранение, транспортировка и заправка.	27		8	-	4	-	-	-	-	-	15	-	
3	Эксплуатационные свойства СПГ	27		8	-	4	-	-	-	-	-	15	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 125-180
3.1	Эксплуатационные свойства СПГ	27		8	-	4	-	-	-	-	-	15	-	
4	Комплекующие оборудование и материалы. Безопасность.	27		8	-	4	-	-	-	-	-	15	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], 5-35
4.1	Комплекующие оборудование и материалы. Безопасность.	27		8	-	4	-	-	-	-	-	15	-	
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5		
	<b>Всего за семестр</b>	<b>144.0</b>	<b>32</b>	<b>-</b>	<b>16</b>	<b>-</b>	<b>2</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>0.5</b>	<b>60</b>	<b>33.5</b>		
	<b>Итого за семестр</b>	<b>144.0</b>	<b>32</b>	<b>-</b>	<b>16</b>	<b>2</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>0.5</b>	<b>93.5</b>				

**Примечание:** Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПр – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

## **3.2 Краткое содержание разделов**

### 1. Производство и использование СПГ

#### 1.1. Производство и использование СПГ

Физико-химические свойства СПГ. Состояние и тенденции развития мировой промышленности производства и использования СПГ. Производство СПГ. Использование СПГ. Перспективы производства СПГ в Российской Федерации. Использование СПГ в различных отраслях хозяйства России. Использование СПГ: в ракетно-космической технике, в авиации, на железнодорожном транспорте, в автомобильном транспорте, в водном транспорте, для газификации удаленных населенных пунктов, в сельскохозяйственном производстве, для покрытия пиковых нагрузок газопотребления, использование холода, получаемого при газификации СПГ. Получение СПГ. Общие принципы расчета холодильных циклов. Технологические схемы установок (заводов) по сжижению природного газа. Очистка и осушка природного газа. Получение и использование СПГ повышенной плотности. Образцы и примеры систем, реализованных в отечественной и зарубежной практике. Перспективы отрасли СПГ..

### 2. Хранение, транспортировка и заправка.

#### 2.1. Хранение, транспортировка и заправка.

Средства хранения и транспортировки. Резервуары для хранения СПГ. Средства перевозки СПГ. Виды транспорта (морской, трубопроводный, сухопутный) и их особенности. Расчет изотермического трубопровода. Расчет термоизоляционного покрытия резервуаров, возможности подземного хранения. Заправка баков потребителя. Регазификационные терминалы сжиженного природного газа. 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..

### 3. Эксплуатационные свойства СПГ

#### 3.1. Эксплуатационные свойства СПГ

Фазовые равновесия «жидкость — твердое тело». Факторы, влияющие на изменение кондиции СПГ в процессе эксплуатации заправочных систем. Зависимость свойств СПГ от его компонентного состава. Характеристики примесей в СПГ, представляющих опасность при эксплуатации заправочных систем. Факторы, влияющие на изменение кондиции СПГ в процессе эксплуатации заправочных систем ..

### 4. Комплектующие оборудование и материалы. Безопасность.

#### 4.1. Комплектующие оборудование и материалы. Безопасность.

Средства получения газообразного азота. Насосные агрегаты. Холодильно-газовые машины. Криогенные трубопроводы и арматура. Газификационные установки высокого давления. Газификаторы низкого давления и теплообменные аппараты. Тепловая изоляция. Приборное обеспечение. Материалы. Вопросы пожаробезопасности и экологические аспекты использования СПГ. Пожаровзрывобезопасность. Противопожарная защита. Экологические аспекты..

## **3.3. Темы практических занятий**

1. Расчет свойств смеси;
2. Расчет цикла сжижения;

3. Расчет испаряемости сосуда. Теплоизоляция резервуаров;
4. Подземные хранилища шахтного типа;
5. Подземные низкотемпературные резервуары в искусственно замороженных породах;
6. Автотранспорт сжиженных углеводородов;
7. Перевозка сжиженных нефтяных газов танкерами;
8. Экологичность использования СПГ.

#### **3.4. Темы лабораторных работ** не предусмотрено

#### **3.5 Консультации**

#### **3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ** Курсовой проект/ работа не предусмотрены

### 3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)				Оценочное средство (тип и наименование)
		1	2	3	4	
<b>Знать:</b>						
физико- химические свойства сжиженных природных газов (СПГ), особенности получения и использования СПГ	ИД-2ПК-3				+	Контрольная работа/Циклы получения СПГ
<b>Уметь:</b>						
проводить выбор основного и вспомогательного оборудования для производства, хранения и использования СПГ	ИД-2ПК-3			+		Коллоквиум/Оборудование, материалы и безопасность в технологических схемах СПГ
проводить технико-технологические расчеты принципиальной и технологической схем производства, хранения и транспортировки СПГ	ИД-2ПК-3	+	+			Контрольная работа/Системы хранения СПГ



## **4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)**

### **4.1. Текущий контроль успеваемости**

**3 семестр**

Форма реализации: Письменная работа

1. Оборудование, материалы и безопасность в технологических схемах СПГ (Коллоквиум)
2. Системы хранения СПГ (Контрольная работа)
3. Циклы получения СПГ (Контрольная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

### **4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине**

Экзамен (Семестр №3)

В диплом выставляется оценка за 3 семестр.

**Примечание:** Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

## **5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **5.1 Печатные и электронные издания:**

1. Домашенко, А. М. Проектирование установок ожижения природного газа. Безопасная технология эксплуатации инфраструктуры сжиженного природного газа : учебное пособие по курсу "Проектирование низкотемпературных систем" для НИУ "МЭИ" по направлению "Ядерная энергетика и теплофизика" / А. М. Домашенко, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" (НИУ"МЭИ") . – М. : Изд-во МЭИ, 2019 . – 192 с. - ISBN 978-5-7046-2108-9 .  
<http://elib.mpei.ru/elib/view.php?id=10692>;
2. Л. В. Иванов- "Криогенная система хранения СПГ для речных танкеров-газовозов", Издательство: "б.и.", Санкт-Петербург, 2020 - (86 с.)  
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=594878>.

### **5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:**

1. Windows / Операционная система семейства Linux.

### **5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:**

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" -  
[http://biblioclub.ru/index.php?page=main\\_ub\\_red](http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red)
3. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
4. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>

## **6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
---------------	-------------------------------	-----------

Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	М-409/2, Аудитория каф. "НТ"	стол преподавателя, стол, доска меловая, мультимедийный проектор
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	М-422/4, Учебная лаборатория криофизики	стол, стул, мультимедийный проектор
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	М-412, Учебная аудитория	стеллаж для хранения книг, стол, стул, мультимедийный проектор, доска маркерная
Помещения для самостоятельной работы	М-411/1, Компьютерный класс	стол, стул, доска меловая, мультимедийный проектор, компьютер персональный
Помещения для консультирования	М-402, Аудитория каф. "НТ"	стеллаж для хранения книг, стул, стол письменный
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	М-407/1, Кладовая	стеллаж для хранения инвентаря, стеллаж для хранения книг, инвентарь специализированный

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

### Технология использования сжиженного природного газа

(название дисциплины)

#### 3 семестр

**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:**

КМ-1 Циклы получения СПГ (Контрольная работа)

КМ-2 Системы хранения СПГ (Контрольная работа)

КМ-3 Оборудование, материалы и безопасность в технологических схемах СПГ (Коллоквиум)

**Вид промежуточной аттестации – Экзамен.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3
		Неделя КМ:	6	8	12
1	Производство и использование СПГ				
1.1	Производство и использование СПГ			+	
2	Хранение, транспортировка и заправка.				
2.1	Хранение, транспортировка и заправка.			+	
3	Эксплуатационные свойства СПГ				
3.1	Эксплуатационные свойства СПГ				+
4	Комплекующие оборудование и материалы. Безопасность.				
4.1	Комплекующие оборудование и материалы. Безопасность.		+		
Вес КМ, %:			50	25	25