

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Верисокин Александр Евгеньевич

Должность: Декан факультета нефтегазовой инженерии

Дата подписания: 19.06.2026 17:04:47

Уникальный программный ключ:

22b550c16d09822b0cd03810d91d3f106eb4b62d

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета
нефтегазовой инженерии
канд. техн. наук
Верисокин А.Е.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Термодинамические основы получения сжиженного природного газа

Специальность	21.05.06 Нефтегазовая техника и технологии		
Специализация	«Техника и технологии производства сжиженного природного газа, транспортировки и распределения»		
Год начала обучения	2026		
Форма обучения	очная	заочная	очно-заочная
Реализуется в семестре	-	-	4

Разработано
Доцент кафедры РЭНГМ,
канд. техн. наук
Потапенко Егор Сергеевич
Ф.И.О.

Ставрополь 2026 г.

1. Цель и задачи освоения дисциплины (модуля)

Цель освоения дисциплины является образование необходимой базы знаний о принципах работы и практических навыков, необходимых для понимания, расчета и оптимизации процессов низкотемпературной переработки газа., а также освоение современных технологий и техники безопасности, которые нужны для применения на объектах будущей профессиональной деятельности выпускника, а также для производственно-технологической, управленческой, научно-исследовательской, проектной и эксплуатационной деятельности.

Основными задачами изучения дисциплины являются:

- усвоение студентами основ процессов охлаждения, сжатия и сжижения природного газа;
- изучение основ безопасности при обращении с криогенными жидкостями;
- умение выбирать оптимальную технологическую схему сжижения в зависимости от состава исходного газа, производительности установки и внешних условий.

2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина Термодинамические основы получения сжиженного природного газа Б1.В.01.01 относится к дисциплинам части (формируемой участниками образовательных отношений). Осваивается в 4 семестре для очно-заочной формы обучения.

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код, формулировка компетенции	Код, формулировка индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций, индикаторов
ПК-4 Способность анализировать и обобщать данные о работе технологического оборудования, осуществлять контроль, техническое сопровождение и управление технологическими процессами в нефтегазовой отрасли	ИД-2 ПК-4 умеет принимать исполнительские решения при разбросе мнений и конфликте интересов, определить порядок выполнения работ.	- понимание сути фазовых переходов «газ — жидкость» и принципов охлаждения газа ниже температуры конденсации. - анализ термодинамических циклов (каскадные циклы, циклы на смешанном хладагенте, детандерные циклы), лежащих в основе работы заводов по сжижению газа. - умение выбирать оптимальную технологическую схему сжижения в зависимости от состава исходного газа, производительности установки и внешних условий.

4. Объем учебной дисциплины (модуля) и формы контроля *

Объем занятий: всего: 43.е. 144 акад.ч.	ОФО, в акад. часах	ОЗФО, в акад. часах
Контактная работа:		
Лекции		4

Лабораторных работ		
Практических занятий		4
Самостоятельная работа		100
Формы контроля		36
Экзамен		+
Зачет		
Зачет с оценкой		
Расчетно-графические работы		
Курсовая работа		
Контрольные работы		

* Дисциплина (модуль) предусматривает применение электронного обучения, дистанционных образовательных технологий *(если иное не установлено образовательным стандартом)*

5. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием количества часов и видов занятий

№	Раздел (тема) дисциплины и краткое содержание	Формируемые компетенции, индикаторы	очная форма			заочная форма			очно-заочная форма			Формы текущего контроля			
			Контактная работа обучающихся с преподавателем /из них в форме практической подготовки, часов			Самостоятельная работа, часов	Контактная работа обучающихся с преподавателем /из них в форме практической подготовки, часов			Самостоятельная работа, часов	Контактная работа обучающихся с преподавателем /из них в форме практической подготовки, часов			Самостоятельная работа, часов	
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы		Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы		Лекции		Практические занятия		Лабораторные работы
1	Тема:1 Физико-химические свойства природного газа и их влияние на процессы сжигания. Состав природного газа как сырья для производства СПГ. Критические параметры и фазовые переходы компонентов. Влияние примесей на процесс сжигания. Теплота сгорания и число Воббе. Влияние состава газа на выбор технологической схемы. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ I Анализ влияния компонентного состава и физико-химических свойств природного газа на параметры процесса сжигания.	ПК-4										11	собеседование		

2	<i>Тема:2 Фазовые равновесия в системах углеводородных газов.</i> <i>Основные понятия фазовых равновесий.</i> <i>Фазовые диаграммы:</i> <i>однокомпонентных систем,</i> <i>многокомпонентных смесей.</i> <i>Гидратообразование в углеводородных системах. Прикладное значение расчетов фазовых равновесий.</i> ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 2 <i>Расчет и анализ фазовых равновесий в многокомпонентных углеводородных системах при низких температурах.</i>	ПК-4									2			11	собеседование
3	<i>Тема:3 Термодинамические циклы охлаждения и сжижения природного газа.</i> <i>Классификация циклов сжижения.</i> <i>Каскадный цикл. Цикл Клода. Циклы MRC. Термодинамический анализ эффективности циклов.</i> ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 3 <i>Термодинамический анализ и сравнение эффективности основных циклов охлаждения и сжижения природного газа.</i>	ПК-4												11	собеседование

4	<i>Тема:4 Эффект Джоуля–Томсона и его применение в технологиях СПГ. Физическая сущность эффекта Джоуля–Томсона. Коэффициент и Точка инверсии эффекта. Применение эффекта в циклах сжижения. Расчет эффекта.</i> ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 4 <i>Расчет и анализ эффекта Джоуля–Томсона при дросселировании природного газа в циклах производства СПГ.</i>	ПК-4									2			11	собеседование
5	<i>Тема:5 Многокомпонентные холодильные циклы в производстве СПГ. Физико-химические основы. Принцип работы цикла со смешанным хладагентом. Типовые схемы многокомпонентных циклов.</i> ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 5 <i>Моделирование и оптимизация параметров многокомпонентного холодильного цикла (MRC) в производстве СПГ.</i>	ПК-4												11	собеседование

6	Тема: 6 Тепло массообменные процессы при сжижении природного газа. Классификация теплообменных аппаратов установок СПГ. Физические основы теплопередачи при низких температурах. Температурные поля и профили. Влияние состава хладагента и природного газа на теплообмен. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 6 Анализ тепло- и массообменных процессов в основном криогенном теплообменнике установки сжижения природного газа.	ПК-4										2		11	собеседование
7	Тема: 7 Термодинамическое моделирование установок СПГ. Термодинамические пакеты и уравнения состояния. Структура модели технологической линии СПГ. Моделирование процессов: подготовки газа, холодильных циклов, криогенного теплообменника, процессов дросселирования и детандирования. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 7 Компьютерное моделирование термодинамических процессов сжижения природного газа в среде симуляторов (HYSYS / Aspen Plus).	ПК-4												11	собеседование

8	Тема:8 Процессы предварительной подготовки газа к сжижению. Цели и задачи предварительной подготовки природного газа к сжижению. Состав примесей и их негативное влияние на процесс сжижения. Удаление кислых компонентов. Демеркуризация. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 8 Технологические схемы удаления кислых компонентов и осушки природного газа перед сжижением.	ПК-4									2		11	собеседование
9	Тема:9 Термодинамические основы хранения и транспортировки СПГ. Введение в термодинамику хранения СПГ. Теплопритоки к резервуарам хранения. Испарение СПГ. Стратификация и ролlover в резервуарах. Изменение состава СПГ при хранении. Методы расчета термодинамических параметров хранения. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 9 Термодинамические процессы при хранении и морской транспортировке сжиженного природного газа.	ПК-4											12	собеседование
	ИТОГО за 4 семестр										4	4	100	
	ИТОГО										4	4	100	

6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)

Фонд оценочных средств (ФОС) по дисциплине (модулю) базируется на перечне осваиваемых компетенций с указанием индикаторов. ФОС обеспечивает объективный контроль достижения запланированных результатов обучения. ФОС включает в себя:

- описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания;
- методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций (включаются в методические указания по тем видам работ, которые предусмотрены учебным планом и предусматривают оценку сформированности компетенций);
- типовые оценочные средства, необходимые для оценки знаний, умений и уровня сформированности компетенций.

ФОС является приложением к данной программе дисциплины (модуля).

7. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Приступая к работе, каждый студент должен принимать во внимание следующие положения.

Дисциплина (модуль) построена по тематическому принципу, каждая тема представляет собой логически завершённый раздел.

Лекционный материал посвящён рассмотрению ключевых, базовых положений курсов и разъяснению учебных заданий, выносимых на самостоятельную работу студентов.

Практические занятия проводятся с целью закрепления усвоенной информации, приобретения навыков ее применения при решении практических задач в соответствующей предметной области.

Самостоятельная работа студентов направлена на самостоятельное изучение дополнительного материала, подготовку к практическим и лабораторным занятиям, а также выполнения всех видов самостоятельной работы.

Для успешного освоения дисциплины необходимо выполнить все виды самостоятельной работы, используя рекомендуемые источники информации.

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

8.1.1. Перечень основной литературы:

1. Федорова Е. Б. Современное состояние и развитие мировой индустрии сжиженного природного газа: технологии и оборудование. – М.: РГУ нефти и газа имени И. М. Губкина, 2011. – 159 с., ил.

2. Термодинамика : учебник / А.В. Кузнецов ; под общей редакцией Е.А. Памятных ; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Уральский федеральный университет. — Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2023. — 196 с. : ил. — Библиогр.: с. 195. — 40 экз. — ISBN 978-5-7996-3647-0. — Текст : непосредственный.

8.1.2. Перечень дополнительной литературы:

1. Российская газовая энциклопедия. М.: Научное издательство «Большая Российская энциклопедия», 2004.

2. Баранов А. Ю., Соколова Е. В., Иванов Л. В., Иконникова А. Ю. Перспективы развития технологий СПГ в Российской Федерации. // Вестник Международной академии холода. 2023. № 1. С. 23–34. DOI: 10.17586/1606-4313-2023-22-1-23-34.

3. Рачевский Б.С. Сжиженные углеводородные газы. - М.: НЕФТЬ ГАЗ, 2009.
4. Радаев, И.А. Моделирование циклов сжижения природного газа: учебно-методическое пособие / И.А. Радаев, Е.Б. Федорова. – М.: РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, 2024.
5. Акулов Л. А. Установки системы низкотемпературной техники. Ожижение природного газа и утилизация холода сжиженного природного газа при регазификации. - СПб.: СПбГУНиП Г, 2006.
6. ГОСТ 34894–2022 «Газ природный сжиженный. Технические условия»
7. ВРД 39–1.10–064–2002 «Оборудование для сжиженного природного газа».
8. СП 240.1311500.2015 (хранилища сжиженного природного газа)
9. СП 326.1311500.2017 (объекты малотоннажного производства и потребления сжиженного природного газа)

8.2. Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

1. Круглов А.Б., Радовский И.С., Харитонов В.С. Руководство по технической термодинамике с примерами и задачами: Учебное пособие. М.: НИЯУ МИФИ, 2012. – 156 с.
2. Термодинамика и теплотехника: учебное пособие (лабораторный практикум); / сост. А.А. Хащенко, М. Ю. Калиниченко; ФГАОУ ВО "Северо-Кавказский федеральный университет". - Ставрополь: СКФУ, 2021. - 123 с.

8.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

1. <http://www.library.stavsu.ru/> – вузовская ЭБ на платформах «MARK-SQL».
2. <http://catalog.ncstu.ru/> – вузовская ЭБ на платформах «Фолиант».
3. <http://www.biblioclub.ru/> – ЭБС «Университетская библиотека онлайн».
4. <http://e.lanbook.com/> – ЭБС «Лань».

9. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

При чтении лекций используется компьютерная техника, демонстрации презентационных мультимедийных материалов. На семинарских и практических занятиях студенты представляют презентации, подготовленные ими в часы самостоятельной работы.

Информационно-справочные и информационно-правовые системы, используемые при изучении дисциплины:

1	http://catalog.ncfu.ru/catalog/ncfu – Электронный каталог научной библиотеки ФГАОУ ВО СКФУ.
2	http://www.consultant.ru – Справочно-правовая система «КонсультантПлюс»
3	http://www.snip.ru – Информационная система «Стройконсультант», разработанная Госстроем России.

Программное обеспечение:

1	Альт Рабочая станция 10
2	Альт Рабочая станция К
3	Альт «Сервер»
4	Пакет офисных программ - Р7-Офис
5	Программный комплекс «Симулятор для моделирования технологических

10. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Лекционные занятия	Учебная аудитория для проведения учебных занятий, оснащенная мультимедийным оборудованием и техническими средствами обучения.
Практические занятия	Учебная аудитория для проведения учебных занятий, оснащенная мультимедийным оборудованием и техническими средствами обучения.
Самостоятельная работа	Помещение для самостоятельной работы обучающихся оснащенное компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и возможностью доступа к электронной информационно-образовательной среде университета

11. Особенности освоения дисциплины (модуля) лицами с ограниченными возможностями здоровья

Обучающимся с ограниченными возможностями здоровья предоставляются специальные учебники, учебные пособия и дидактические материалы, специальные технические средства обучения коллективного и индивидуального пользования, услуги ассистента (помощника), оказывающего обучающимся необходимую техническую помощь, а также услуги сурдопереводчиков и тифлосурдопереводчиков.

Освоение дисциплины (модуля) обучающимися с ограниченными возможностями здоровья может быть организовано совместно с другими обучающимися, а также в отдельных группах.

Освоение дисциплины (модуля) обучающимися с ограниченными возможностями здоровья осуществляется с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья.

В целях доступности получения высшего образования по образовательной программе лицами с ограниченными возможностями здоровья при освоении дисциплины (модуля) обеспечивается:

1) для лиц с ограниченными возможностями здоровья по зрению:

- присутствие ассистента, оказывающий студенту необходимую техническую помощь с учетом индивидуальных особенностей (помогает занять рабочее место, передвигаться, прочитать и оформить задание, в том числе, записывая под диктовку),
- письменные задания, а также инструкции о порядке их выполнения оформляются увеличенным шрифтом,
- специальные учебники, учебные пособия и дидактические материалы (имеющие крупный шрифт или аудиофайлы),
- индивидуальное равномерное освещение не менее 300 люкс,
- при необходимости студенту для выполнения задания предоставляется увеличивающее устройство;

2) для лиц с ограниченными возможностями здоровья по слуху:

- присутствие ассистента, оказывающий студенту необходимую техническую помощь с учетом индивидуальных особенностей (помогает занять рабочее место, передвигаться, прочитать и оформить задание, в том числе, записывая под диктовку),
- обеспечивается наличие звукоусиливающей аппаратуры коллективного пользования, при необходимости обучающемуся предоставляется звукоусиливающая аппаратура индивидуального пользования;

- обеспечивается надлежащими звуковыми средствами воспроизведения информации;

3) для лиц с ограниченными возможностями здоровья, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата (в том числе с тяжелыми нарушениями двигательных функций верхних конечностей или отсутствием верхних конечностей):

- письменные задания выполняются на компьютере со специализированным программным обеспечением или надиктовываются ассистенту;

- по желанию студента задания могут выполняться в устной форме.

12. Особенности реализации дисциплины с применением дистанционных образовательных технологий и электронного обучения

Согласно части 1 статьи 16 Федерального закона от 29 декабря 2012 г. № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» под *электронным обучением* понимается организация образовательной деятельности с применением содержащейся в базах данных и используемой при реализации образовательных программ информации и обеспечивающих ее обработку информационных технологий, технических средств, а также информационно-телекоммуникационных сетей, обеспечивающих передачу по линиям связи указанной информации, взаимодействие обучающихся и педагогических работников. Под *дистанционными образовательными технологиями* понимаются образовательные технологии, реализуемые в основном с применением информационно-телекоммуникационных сетей при опосредованном (на расстоянии) взаимодействии обучающихся и педагогических работников.

Реализация дисциплины может быть осуществлена с применением дистанционных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично. Компоненты УМК дисциплины (рабочая программа дисциплины, оценочные и методические материалы, формы аттестации), реализуемой с применением дистанционных образовательных технологий и электронного обучения, содержат указание на их использование.

При организации образовательной деятельности с применением дистанционных образовательных технологий и электронного обучения могут предусматриваться асинхронный и синхронный способы осуществления взаимодействия участников образовательных отношений посредством информационно-телекоммуникационной сети «Интернет».

При применении дистанционных образовательных технологий и электронного обучения в расписании по дисциплине указываются: способы осуществления взаимодействия участников образовательных отношений посредством информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (ВКС-видеоконференцсвязь, ЭТ – электронное тестирование); ссылки на электронную информационно-образовательную среду СКФУ, на образовательные платформы и ресурсы иных организаций, к которым предоставляется открытый доступ через информационно-телекоммуникационную сеть «Интернет»; для синхронного обучения - время проведения онлайн-занятий и преподаватели; для асинхронного обучения - авторы онлайн-курсов.

При организации промежуточной аттестации с применением дистанционных образовательных технологий и электронного обучения используются Методические рекомендации по применению технических средств, обеспечивающих объективность результатов при проведении промежуточной и государственной итоговой аттестации по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета и программам магистратуры с применением дистанционных образовательных технологий (Письмо Минобрнауки России от 07.12.2020 г. № МН-19/1573-АН "О направлении методических рекомендаций").

Реализация дисциплины с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий осуществляется с использованием электронной

информационно-образовательной среды СКФУ, к которой обеспечен доступ обучающихся через информационно-телекоммуникационную сеть «Интернет», или с использованием ресурсов иных организаций, в том числе платформ, предоставляющих сервисы для проведения видеоконференций, онлайн-встреч и дистанционного обучения (Bigbluebutton, MicrosoftTeams, а также с использованием возможностей социальных сетей для осуществления коммуникации обучающихся и преподавателей.

Учебно-методическое обеспечение дисциплины, реализуемой с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий, включает представленные в электронном виде рабочую программу, учебно-методические пособия или курс лекций, методические указания к выполнению различных видов учебной деятельности обучающихся, предусмотренных дисциплиной, и прочие учебно-методические материалы, размещенные в информационно-образовательной среде СКФУ.