

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Методические указания

по выполнению практических занятий
по дисциплине «Основы конструирования СПГ-оборудования»
для студентов специальности 21.05.06 Нефтегазовая техника и технологии
специализация Техника и технологии производства сжиженного природного
газа, транспортировки и распределения

**Ставрополь
2026**

Содержание

Практическое занятие № 1. Нормативно-техническая база проектирования и конструирования оборудования для производства и хранения СПГ.	3
Практическое занятие № 2. Физико-механические свойства конструкционных материалов при криогенных температурах.	4
Практическое занятие № 3. Выбор материалов для криогенных сосудов и трубопроводов СПГ.	5
Практическое занятие № 4. Расчет прочности и устойчивости криогенных резервуаров	6
Практическое занятие № 5. Конструктивные особенности изотермических резервуаров для хранения СПГ	7
Практическое занятие № 6. Теплоизоляционные системы криогенного оборудования.	8
Практическое занятие № 7. Конструирование криогенных теплообменников.	9
Практическое занятие № 8. Проектирование трубопроводов СПГ с учетом температурных деформаций.	10
Практическое занятие № 9. Конструирование криогенной запорной и предохранительной арматуры.....	11
Практическое занятие № 10. Основы проектирования криогенных насосов и компрессоров.	12
Практическое занятие № 11. Расчет и проектирование фундаментов под СПГ-оборудование.	13
Практическое занятие № 12. Методы обеспечения герметичности и надежности соединений в криогенных системах.	14
Практическое занятие № 13. Расчет теплопритока и испарения в резервуарах СПГ.	15
Практическое занятие № 14. Автоматизация и системы контроля в конструкциях СПГ-оборудования.	16
Практическое занятие № 15. Комплексная оценка надежности и ресурса криогенного оборудования.....	17
Литература	18

Практическое занятие № 1. Нормативно-техническая база проектирования и конструирования оборудования для производства и хранения СПГ

1. Теоретическая часть

Иерархия нормативно-технической документации в РФ.
Ключевые национальные стандарты для проектирования.
Нормы для малотоннажных производств.
Системы безопасности.

2. Практическая часть

Анализ и применение нормативно-технической документации при проектировании криогенного оборудования установок СПГ.

3. Вопросы к практическому занятию:

1. Изучение структуры и основных положений ГОСТ Р 56352–2015 (общие требования безопасности), ГОСТ Р 71145–2023 (криогенные сосуды), СП 326.1311500.2017 (пожарная безопасность объектов малотоннажного производства).
2. Нормирование хладостойкости сталей для криогенных температур, допустимые марки материалов, требования к сварным соединениям.
3. Нормы расчета на прочность (серии ГОСТ 34233), требования к двухбололочным резервуарам, вакуумной изоляции, предохранительным устройствам.

Практическое занятие № 2. Физико-механические свойства конструкционных материалов при криогенных температурах

1. Теоретическая часть

Изменение механических свойств при понижении температуры.

Хладноломкость металлов и сплавов. Стали для криогенных температур.

Неметаллические материалы. Свариваемость криогенных сталей.

2. Практическая часть

3. Вопросы к практическому занятию

Практическое занятие № 3. Выбор материалов для криогенных сосудов и трубопроводов СПГ

1. Теоретическая часть

Нормативно-техническая база выбора материалов. Аустенитные нержавеющие стали для криогенных температур. Никелевые стали для криогенных температур. Алюминиевые сплавы для криогенной техники. Методы испытаний и контроля качества.

2. Практическая часть

3. Вопросы к практическому занятию:

Практическое занятие № 4. Расчет прочности и устойчивости криогенных резервуаров

1. Теоретическая часть

Классификация нагрузок и воздействий. Расчет на устойчивость. Расчет узлов сопряжений и врезок. Расчет опорных конструкций. Применение численных методов (МКЭ).

2. Практическая часть

3. Вопросы к практическому занятию

Практическое занятие № 5. Конструктивные особенности изотермических резервуаров для хранения СПГ

1. Теоретическая часть

Классификация и типы изотермических резервуаров. Конструктивные решения основных типов резервуаров. Особенности монтажа и ввода в эксплуатацию.

2. Практическая часть

3. Вопросы к практическому занятию

Практическое занятие № 6. Теплоизоляционные системы криогенного оборудования

1. Теоретическая часть

Физические основы теплопереноса в криогенной изоляции. Классификация типов теплоизоляции. Материалы криогенной теплоизоляции. Методы испытаний тепловой изоляции.

2. Практическая часть

3. Вопросы к практическому занятию

Практическое занятие № 7. Конструирование криогенных теплообменников

1. Теоретическая часть

Классификация и области применения. Тепловой и гидравлический расчет. $T-Q$ диаграмма и анализ эффективности. Процедуры пуска и эксплуатации.

2. Практическая часть

3. Вопросы к практическому занятию

Практическое занятие № 8. Проектирование трубопроводов СПГ с учетом температурных деформаций

1. Теоретическая часть

Основные понятия и определения. Классификация методов компенсации. Конструкция и расчет сильфонных компенсаторов. Современные методы моделирования.

2. Практическая часть

3. Вопросы к практическому занятию

Практическое занятие № 9. Конструирование криогенной запорной и предохранительной арматуры

1. Теоретическая часть

Нормативно-техническая база проектирования криогенной арматуры.
Классификация криогенной арматуры. Маркировка и отличительная окраска.

2. Практическая часть

3. Вопросы к практическому занятию

Практическое занятие № 10. Основы проектирования криогенных насосов и компрессоров

1. Теоретическая часть

Классификация и области применения насосов СПГ, компрессоров в установках СПГ. Физические основы проектирования и рабочие процессы. Современные тенденции и перспективы развития.

2. Практическая часть

Тема: Анализ конструктивных схем и определение основных параметров криогенных насосов и компрессоров для установок производства и хранения СПГ.

3. Вопросы к практическому занятию

Практическое занятие № 11. Расчет и проектирование фундаментов под СПГ-оборудование

1. Теоретическая часть

Нормативно-техническая база проектирования. Инженерные изыскания. Классификация и конструктивные типы фундаментов. Фундаменты под компрессорное и насосное оборудование. Требования к полам, гидроизоляции и защите от растекания СПГ.

2. Практическая часть

Тема: Расчет и проектирование фундаментов под криогенное оборудование установок производства и хранения СПГ с учетом специфических нагрузок и грунтовых условий.

3. Вопросы к практическому занятию

Практическое занятие № 12. Методы обеспечения герметичности и надежности соединений в криогенных системах

1. Теоретическая часть

Классификация соединений в криогенной технике. Сварные соединения криогенного оборудования. Фланцевые соединения для криогенных систем. Сильфонные уплотнения и компенсаторы. Методы контроля герметичности.

2. Практическая часть

Тема: Конструктивные решения и методы обеспечения герметичности разъемных и неразъемных соединений в криогенных системах установок СПГ.

3. Вопросы к практическому занятию

Практическое занятие № 13. Расчет теплопритока и испарения в резервуарах СПГ

1. Теоретическая часть

Физические основы теплопереноса в криогенных резервуарах. Классификация типов теплоизоляции криогенных резервуаров. Методика инженерного расчета теплопритока через стенку резервуара. Теплопритоки через тепловые мосты. Изменение состава СПГ при хранении.

2. Практическая часть

Тема: Расчет теплопритока и определение интенсивности испарения (BOG) в изотермических резервуарах хранения СПГ.

3. Вопросы к практическому занятию

Практическое занятие № 14. Автоматизация и системы контроля в конструкциях СПГ-оборудования

1. Теоретическая часть

Нормативно-техническая база автоматизации объектов СПГ. Системы контроля технологических параметров криогенного резервуара. Газовый контроль. Противоаварийная защита и аварийная остановка. Интегрированные системы безопасности (ИСБ).

2. Практическая часть

Тема: Разработка структурной схемы автоматизации и систем безопасности криогенного резервуара хранения СПГ.

3. Вопросы к практическому занятию

Практическое занятие № 15. Комплексная оценка надежности и ресурса криогенного оборудования

1. Теоретическая часть

Нормативно-техническая база диагностирования и продления ресурса. Классификация отказов и повреждений криогенного оборудования. Методика расчета остаточного ресурса. Риск ориентированный подход. Требования к эксплуатации и техническому обслуживанию.

2. Практическая часть

Тема: Комплексная оценка надежности и определение остаточного ресурса криогенного оборудования установок СПГ.

3. Вопросы к практическому занятию

Литература

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. Детали машин: Учебное пособие (Практикум): / сост. В. Г. Копченков; ФГАОУ ВО Сев.-Кав. федер. ун-т. - Ставрополь: СКФУ, 2020. - 163 с.
3. Российская газовая энциклопедия. М.: Научное издательство «Большая Российская энциклопедия», 2004.
4. Коршак А. А. Ресурсосберегающие методы и технологии транспорта и хранения нефти и нефтепродуктов. Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2006. 196 с.
5. Рачевский Б.С. Сжиженные углеводородные газы. - М.: НЕФТЬ ГАЗ, 2009.
6. Кириллов Н. Г., Лазарев А. Н. Мировые тенденции производстве использовании сжиженного природного газа как универсального энергоносителя моторного топлива//Двигателестроение, 2010.
7. Акулов Л. А. Установки системы низкотемпературной техники. Ожижение природного газа и утилизация холода сжиженного природного газа при регазификации. - СПб.: СПбГУНиП Г, 2006.
8. Сжиженный природный газ: технологии и оборудование = Liquefied natural gas: technologies and equipment: учебное пособие / А. Б. Миллер, К. Г. Селезнев, П. В. Крылов, В. А. Ходаковский; под редакцией В. Г. Мартынова; Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И. М. Губкина, [Газпром]. – Москва: МАКС Пресс, 2024Библиогр.: с. 742–782 (379 назв.).
9. Прачев, Ю. Н. Машины и оборудование для сооружения и ремонта магистральных трубопроводов: учебное пособие (курс лекций) / Ю. Н. Прачев, М. А. Шевцов; Северо-Кавказский федеральный университет. - Ставрополь: СКФУ, 2019. - 170 с.
10. ГОСТ Р 56352–2015 "Нефтяная и газовая промышленность. Производство, хранение и перекачка сжиженного природного газа. Общие требования безопасности" – базовый документ, устанавливающий требования ко всем этапам.
11. ГОСТ Р 71145–2023 "Сосуды криогенные стационарные. Общие технические условия" – требования к конструкции, проектированию и изготовлению резервуаров от 0,5 до 1400 м³ с вакуумной изоляцией.

12. ГОСТ Р 71449–2024 "Трубопроводы теплоизолированные криогенные стальные. Элементы и участки трубопроводов. Общие технические условия" – нормы проектирования криогенных трубопроводов с вакуумной изоляцией.

13. ГОСТ Р 72496–2025 "Инфраструктура для производства, хранения и отгрузки сжиженного природного газа. Стендерное оборудование. Нормы проектирования" (вводится с 01.05.2026).

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

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
по организации и проведению
самостоятельной работы**

ОСНОВЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ СПГ-ОБОРУДОВАНИЯ

для студентов специальности 21.05.06 Нефтегазовая техника и технологии
специализация «Техника и технологии производства сжиженного природного
газа, транспортировки и распределения»

Ставрополь 2026

Методические рекомендации предназначены для студентов вуза «Северо-Кавказский федеральный университет»

Цели методических рекомендаций:

1. Методическое сопровождение процесса введения и реализации требований Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (далее ФГОС ВО), помощь при разработке рабочих учебных программ дисциплин и профессиональных модулей образовательной программы (далее ОП).
2. Создание в образовательном учреждении учебно-методического обеспечения образовательного процесса.

Методические рекомендации определяют сущность самостоятельной работы студентов в вузе, её назначение, планирование, формы организации и виды контроля.

Содержание

1. Нормативное обеспечение самостоятельной работы в ФГОС ВО.
2. Назначение и виды самостоятельной работы студентов.
3. Контроль самостоятельной работы студентов преподавателями.

1. Нормативное обеспечение самостоятельной работы в ФГОС ВО

1.1. ФГОС раздел: «Требования к условиям реализации ОП»:

– Требования к обязательному минимуму содержания образовательной программы подготовки специалиста, к условиям ее реализации и срокам ее освоения определяются настоящим федеральным государственным образовательным стандартом;

– основная образовательная программа подготовки специалиста состоит из дисциплин общенаучного и профессионального циклов, состоящих из базовой и вариативной частей и дисциплин по выбору;

– максимальный объем учебной нагрузки студента устанавливается 54 часа в неделю, включая все виды аудиторной и внеаудиторной (самостоятельной) учебной работы.

Во время самостоятельной подготовки обучающиеся должны быть обеспечены доступом к сети Интернет. Реализация образовательной программы подготовки специалиста должна обеспечиваться доступом каждого студента к библиотечным фондам и базам данных, формируемым по полному перечню дисциплин образовательной программы из расчета обеспеченности учебниками и учебными пособиями не менее 0,5 экземпляра на одного студента. Библиотека вуза должна иметь достаточное количество современных учебников и учебных пособий по всем циклам дисциплин и постоянно восполняться научной литературой и периодическими изданиями нефтегазового профиля

Объем времени, отведенный на внеаудиторную самостоятельную работу, находит отражение:

- в рабочем учебном плане – в целом по теоретическому обучению, каждому из циклов дисциплин;
- в рабочих программах учебных дисциплин циклов дисциплин с распределением по разделам или конкретным темам.

2. Назначение и виды самостоятельной работы студентов.

Самостоятельная работа проводится с целью:

- систематизации и закрепления полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубления и расширения теоретических знаний;
- формирования умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развития познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности, организованности;

- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, совершенствованию и самоорганизации;
- формирования практических (общеучебных и профессиональных) умений и навыков;
- развитию исследовательских умений.

В учебном процессе ОУ выделяются два вида самостоятельной работы:



Внеаудиторная самостоятельная работа - планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

3. Контроль самостоятельной работы студентов преподавателями.

Контроль самостоятельной работы студентов предусматривает:

- соотнесение содержания контроля с целями обучения;
- объективность контроля;
- валидность контроля (соответствие предъявляемых заданий тому, что предполагается проверить);
- дифференциацию контрольно-измерительных материалов.

Формы контроля самостоятельной работы

1. Просмотр и проверка выполнения самостоятельной работы преподавателем.
2. Самопроверка, взаимопроверка выполненного задания в группе.
3. Обсуждение результатов выполненной работы на занятии.

4. Тестирование.
5. Письменный опрос.
6. Устный опрос.
7. Индивидуальное собеседование.
8. Коллоквиум.
9. Отчет о проделанной работе.
10. Защита рефератов или курсовой работы.
11. Творческий конкурс.
12. Интернет-конференции.
13. Контрольная работа.

Критерии оценки результатов самостоятельной работы

Критериями оценок результатов внеаудиторной самостоятельной работы студента являются:

- уровень освоения студентами учебного материала;
- умения студента использовать теоретические знания при выполнении практических задач;
- формирование набора из общекультурных и профессиональных компетенций будущего специалиста;
- умения студента активно использовать электронные образовательные ресурсы, находить требующуюся информацию, изучать ее и применять на практике;
- обоснованность и четкость изложения ответа;
- оформление материала в соответствии с требованиями;
- умение ориентироваться в потоке информации, выделять главное;
- умение четко сформулировать проблему, предложив ее решение, критически оценить решение и его последствия;
- умение показать, проанализировать альтернативные возможности, варианты действий;
- умение сформировать свою позицию, оценку и аргументировать ее.

Содержание внеаудиторной самостоятельной деятельности студентов

Методические указания для студентов по выполнению самостоятельной работы:

1. Подготовка к лекциям
2. Подготовка к практическим занятиям