

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 «Производство сжиженного природного газа»

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. Основы малотоннажного СПГ. Обзор мирового опыта.....	3
Практическое занятие № 2. Мировой и российский рынок сжиженного природного газа	7
Практическое занятие № 3. Оборудование для производства СПГ: компрессоры, теплообменники, детандеры.....	12
Практическое занятие № 4. Предварительная подготовка газа перед сжижением: осушка, очистка от кислых газов, ртути	13
Практическое занятие № 5. Хранение СПГ: типы резервуаров, изоляция, особенности эксплуатации	14
Практическое занятие № 6. Транспортировка СПГ: морские суда-газовозы, железнодорожные и автомобильные перевозки	15
Практическое занятие № 7. Регазификация СПГ: терминалы, испарители, подача в газотранспортные сети.....	16
Практическое занятие № 8. Безопасность на объектах производства СПГ: анализ рисков, нормативные требования, системы защиты.....	18
Практическое занятие № 9. Экологические аспекты и перспективы развития производства СПГ	19
Литература.....	21

Практическое занятие № 1. Основы малотоннажного СПГ. Обзор мирового опыта

1. Теоретическая часть

Малотоннажный СПГ (Small-scale LNG, SSLNG) — это сегмент рынка сжиженного природного газа, характеризующийся производительностью заводов по сжижению до 0,5–1,0 млн тонн в год (чаще всего от 0,01 до 0,5 млн т/год), а также специфической логистикой (криогенные автоцистерны, баржи, интермодальные контейнеры) вместо крупнотоннажных метановозов. Основное отличие — ориентация на конечного потребителя (bunker fuel, автономная газификация, промпредприятия) без подключения к магистральным газопроводам.

1. Технологические основы малотоннажного сжижения

В отличие от крупнотоннажных проектов (базовых заводов), где доминируют технологии с использованием смешанных хладагентов (MRC) в каскадных схемах, малотоннажный сектор требует:

Упрощения и модульности: Применение предварительно собранных блочно-модульных установок (Plug-and-play), сокращающих сроки строительства и капитальные затраты (CAPEX).

Типовые технологические циклы:

Азотные детандерные циклы (N₂ Expand): Безопасны (нет горючих хладагентов), просты в обслуживании, подходят для частых пусков/остановок, но имеют высокое энергопотребление (низкая термодинамическая эффективность).

Циклы на смешанных хладагентах (MRC/MR): Более энергоэффективны, но требуют сложного управления составом хладагента и квалифицированного персонала.

Гибридные решения: Комбинация пропанового предохлаждения с азотным детандерным циклом для баланса между эффективностью и надежностью.

2. Инфраструктура и логистика

Ключевое звено малотоннажного СПГ — это «последняя миля».

Криогенные транспортные средства: Автоцистерны объемом от 20 до 60 м³. Основное отличие от магистрального транспорта — управление испарением (BOG — Boil-Off Gas). В малотоннажном сегменте BOG либо возвращается в газификацию, либо используется как топливо для тягача.

Складское хозяйство: Изотермические резервуары горизонтального или вертикального типа (вакуумно-перлитовая изоляция). Особенность — учет и минимизация суточного испарения (обычно 0,1–0,3% в сутки).

Газификация: Криогенные насосы и испарители (ambient air vaporizers, water bath vaporizers). Выбор типа испарителя зависит от климатических условий и требуемой производительности.

3. Обзор мирового опыта: региональные особенности

Мировой опыт показывает, что развитие малотоннажного СПГ зависит не столько от наличия ресурсов, сколько от регуляторной среды и ценовой арбитраж.

Китай (мировой лидер): Модель «труба + бак». В условиях быстрой урбанизации и запрета на использование угля в пригородах, малотоннажный СПГ стал инструментом балансировки спроса. Характерная черта — высокая плотность заправочной инфраструктуры для грузового транспорта и огромный парк криогенных автоцистерн (более 15 000 ед.). Ключевой опыт: важность государственных субсидий на закупку газомоторной техники.

Европа (ЕС): Фокус на морской бункеровке (LNG as marine fuel) в рамках стратегии Fit for 55 и норм по контролю выбросов серы (SECA). Развитие концепции «коридоров СПГ» (LNG corridors) на основных транспортных магистралях (TEN-T). Ключевой опыт: жесткое регулирование выбросов эффективнее стимулирует спрос, чем прямое субсидирование топлива.

Северная Америка (США): Развитие «виртуальных газопроводов». В регионах, удаленных от магистральных сетей (Appalachia, сельские районы), малотоннажные комплексы заменяют строительство дорогостоящих

физических газопроводов. Ключевой опыт: высокая эффективность бизнес-модели «производство + транспортировка автоцистернами + конечная газификация» без участия государства.

Россия: Специфика обусловлена огромными не газифицированными территориями (Дальний Восток, Камчатка, Якутия) и изолированными энергоузлами. Акцент на замещение дорогого мазута и привозного угля в удаленных поселках, а также развитие заправочной инфраструктуры для магистрального транспорта (дороги федерального значения). Ключевой опыт: необходимость адаптации импортных технологий (в условиях санкционных ограничений) и переход на отечественное компрессорное и криогенное оборудование.

4. Экономика проекта

CAPEX (Капитальные затраты): Удельные затраты на тонну установленной мощности в малотоннажном сегменте выше, чем в крупнотоннажном (в 1,5–3 раза), однако ниже, чем затраты на строительство новых газопроводов низкого давления.

OPEX (Операционные затраты): Основная статья — электроэнергия (до 40–60% переменных затрат) и фонд оплаты труда (влияние фактора автоматизации).

Фактор утилизации: Рентабельность проекта сильно зависит от коэффициента использования установленной мощности (Киум). Мировой опыт показывает, что безубыточность достигается при загрузке выше 60–70% из-за высокой доли постоянных затрат.

2. Практическая часть

Тема: Технико-экономический анализ малотоннажного проекта.

Для заданной потребности (например, 10 тыс. т/год для заправки портовой техники) подобрать технологию (азотный цикл, смесевой хладагент). Оценить капитальные и эксплуатационные затраты, срок окупаемости.

3. Вопросы к практическому занятию

1. В чем заключаются основные технологические различия между крупнотоннажными и малотоннажными установками сжижения природного газа с точки зрения выбора холодильного цикла и режимов эксплуатации?

2. Опишите специфику управления «испарением» (BOG) в малотоннажном сегменте. Как мировой опыт решает проблему BOG при транспортировке автоцистернами и длительном хранении в изотермических резервуарах?

3. Сравните драйверы развития малотоннажного СПГ в Китае, странах Балтийского моря и удаленных регионах России. Какую роль в каждом из этих кейсов играет государственное регулирование?

Практическое занятие № 2. Мировой и российский рынок сжиженного природного газа

1. Теоретическая часть

Рынок сжиженного природного газа является наиболее динамичным сегментом мировой энергетики. В отличие от трубопроводного газа, СПГ формирует глобальный (а не региональный) рынок благодаря возможности морской транспортировки. Ключевая характеристика последнего десятилетия — переход от жёсткой привязки к долгосрочным контрактам (take-or-pay) к гибридной модели с ростом спотовой торговли и сокращением объёмов, привязанных к нефтяным котировкам.

1. Современная структура мирового рынка СПГ

1.1. Спрос (импортёры)

Азиатско-Тихоокеанский регион — доминирующий центр потребления (более 70% мирового импорта).

Китай: крупнейший импортёр, стратегия диверсификации поставок и развитие внутреннего малотоннажного сегмента.

Япония и Южная Корея: зрелые рынки с высокой зависимостью от импорта; после аварии на АЭС «Фукусима» Япония стала драйвером роста спотовых закупок.

Развивающиеся рынки: Индия, Вьетнам, Таиланд — рост за счёт замещения угля и развития газохимии.

Европа: роль «регулятора баланса» после пика газовой зависимости. С 2022 года Европа трансформировалась в гибкий рынок с высокой долей регазификационных мощностей (FSRU) и замещением трубопроводного российского газа спотовым СПГ.

Новые импортёры: страны Южной Америки (Бразилия, Аргентина), Ближнего Востока (как балансирующие сезонность), Южная Африка.

1.2. Предложение (экспортёры)

Лидеры: Катар, Австралия, США.

США: феномен «сланцевой революции» — быстрый рост мощностей сжижения (Sabine Pass, Corpus Christi и др.) благодаря гибкой модели ценообразования (привязка к Henry Hub) и контрактной структуре, допускающей перенаправление партий (destination flexibility).

Катар: традиционный лидер с крупнейшим в мире месторождением Северное/Южный Парс; стратегия долгосрочных контрактов с Азией и расширение мощностей в рамках проекта North Field Expansion.

Австралия: высокая стоимость проектов, но близость к азиатским рынкам.

Новые игроки: Мозамбик, Мавритания/Сенегал, Канада (попытки выхода на рынок с проектами на западном побережье).

1.3. Ценообразование и контрактные структуры

Эволюция от нефтяной привязки (JCC, Brent) к гибридным формулам и чисто газовым хамам (Henry Hub, JKM — Japan Korea Marker, TTF — Title Transfer Facility).

Рост спотовой торговли и индексных контрактов (S-curve, плавающие слайды).

Роль финансовых рынков: фьючерсы на JKM, TTF, Henry Hub.

1.4. Гибкость и инфраструктура

Рост флота СПГ-танкеров, включая ледового класса для Севморпути.

Плавающие установки (FLNG) как способ монетизации удалённых и шельфовых месторождений (Prelude, Coral Sul).

Плавающие регазификационные терминалы (FSRU) — инструмент быстрого выхода на рынок для стран-импортёров.

2. Российский рынок СПГ: позиционирование и особенности

2.1. История и действующие проекты

«Сахалин-2» (пригородный проект) — первый в России завод по сжижению (9,6 млн т/год), работающий в рамках СРП. Ориентация на рынки Японии, Кореи, Китая.

«Ямал СПГ» (НОВАТЭК) — флагманский проект, обеспечивший выход России на глобальный рынок (17,5 млн т/год). Ключевые особенности: использование Севморпути, технология «Арктический каскад» (смешанные хладагенты с предохлаждением на пропане), логистика с использованием ледокольного флота и перевалка в Мурманске и на Камчатке.

«Арктик СПГ-2» (в стадии реализации/адаптации) — проект на Гыданском п-ове с использованием гравитационных платформ (GBS) и технологии «Арктический микс». Столкнулся с санкционными ограничениями, что привело к пересмотру моделей сбыта и технологической кооперации.

2.2. Роль Северного морского пути (СМП)

СМП превращается в национальную логистическую артерию для вывоза СПГ из арктических проектов. Формирование «восточного» и «западного» кластеров перевалки позволяет оптимизировать график движения ледокольного флота и доставлять газ как в Европу, так и в Азию в зависимости от ценовой конъюнктуры.

2.3. Стратегия развития и перспективные проекты

Дальневосточный кластер: «Дальневосточный СПГ» на базе Сахалина, проекты на Камчатке.

Мурманский СПГ — ориентирован на европейские рынки (потенциально с переориентацией в Атлантику).

Малотоннажный СПГ (уже частично рассмотрен в предыдущем занятии) как инструмент внутренней газификации и экспортного потенциала для приграничных регионов.

2.4. Влияние санкционных ограничений

С 2019–2024 гг. российский СПГ-сектор сталкивается с блокирующими санкциями США и ЕС (запрет на финансирование, экспортные ограничения по технологиям, ограничения на прием российского СПГ в европейских портах). Это привело к:

смещению фокуса экспорта в Азию (Китай, Индия, неофициальный рынок);

ускорению импортозамещения в области криогенного оборудования (компрессоры, теплообменники, СПГ-насосы);

формированию «теневого» флота СПГ-танкеров для обхода ограничений.

2.5. Внутренний рынок СПГ

В России внутреннее потребление СПГ остаётся небольшим, но перспективным. Основные драйверы:

газомоторное топливо (заправка магистрального транспорта, карьерной техники);

автономная газификация удалённых и островных территорий (Камчатка, Курилы, северные поселки);

замещение дорогих видов топлива (мазут, дизель) в изолированных энергосистемах.

3. Тенденции и вызовы

Декарбонизация и появление «зелёного» СПГ (LNG с компенсацией выбросов, био-СПГ, синтетический метан).

Технологический суверенитет: разделение глобального рынка на технологические кластеры

Роль долгосрочных контрактов в условиях волатильности: возвращение к контрактам take-or-pay для обеспечения финансирования новых проектов.

Конкуренция с возобновляемой энергетикой в ценообразовании на ключевых рынках сбыта.

2. Практическая часть

Тема: Разработка концепции малотоннажного СПГ-проекта для удалённого региона

На основе анализа мирового и российского опыта предложить технические, логистические и коммерческие параметры проекта по производству и сбыту СПГ в заданных условиях.

3. Вопросы к практическому занятию

1. Какие структурные изменения произошли в системе ценообразования на мировом рынке СПГ за последние 10–15 лет, и как они повлияли на гибкость поставок? Приведите примеры ценовых индексов.

2. В чём заключается уникальность российских арктических СПГ-проектов (Ямал СПГ, Арктик СПГ-2) с точки зрения логистики и ресурсной базы? Как санкционные ограничения изменили операционную модель этих проектов?

3. Сравните подходы к развитию экспортных мощностей СПГ в США и России. Какие факторы определили успех американских проектов в глобальной конкуренции, и какие системные ограничения сдерживают масштабирование российского СПГ?

Практическое занятие № 3. Оборудование для производства СПГ: компрессоры, теплообменники, детандеры

1. Теоретическая часть

Компрессорное оборудование: центробежные компрессоры с промежуточным охлаждением для крупнотоннажных заводов; винтовые компрессоры для малотоннажных установок. Особенности смазки и уплотнений при работе с хладагентами.

Теплообменники: спиральновитые (coil-wound) для основных криогенных циклов; пластинчато-ребристые для малотоннажных и азотных циклов. Материалы (алюминиевые сплавы, нержавеющая сталь, Invar).

Детандеры: турбодетандеры с генератором, поршневые детандеры. Принцип преобразования потенциальной энергии газа в механическую работу и холод.

Криогенные насосы для перекачки СПГ. Особенности подшипников, уплотнений, предварительного охлаждения.

2. Практическая часть

Тема: Работа с технической документацией.

Изучить технический паспорт криогенного насоса (например, Nikkiso или Cryostar). Выявить ключевые параметры: рабочее давление, температура, NPSH, тип уплотнений. Составить протокол проверки готовности насоса к пуску.

3. Вопросы к практическому занятию

1. Какие типы компрессоров применяются на крупнотоннажных СПГ-заводах и почему они предпочтительны?
2. Каковы конструктивные особенности спиральновитых теплообменников, используемых в циклах со смесевым хладагентом?
3. Назовите основные требования к материалам оборудования, работающего при криогенных температурах ($-150\text{ }^{\circ}\text{C}$ и ниже).

Практическое занятие № 4. Предварительная подготовка газа перед сжижением: осушка, очистка от кислых газов, ртути

1. Теоретическая часть

Требования к сырьевому газу перед сжижением: $\text{CO}_2 < 50 \text{ ppm}$, $\text{H}_2\text{S} < 4 \text{ ppm}$, $\text{H}_2\text{O} < 0,1 \text{ ppm}$, ртуть $< 0,01 \text{ мкг/Нм}^3$. Причины жёстких ограничений (замерзание, коррозия, отравление катализаторов, безопасность).

Очистка от кислых газов: аминовая очистка (МЭА, ДЭА, МДЭА). Хемосорбция CO_2 и H_2S . Регенерация амина.

Осушка: адсорбция на молекулярных ситах (цеолитах). Типичная схема с двумя или тремя адсорберами (режимы адсорбции, регенерации, охлаждения).

Удаление ртути: адсорбция на сульфидированных углях или оксидах металлов. Необходимость защиты алюминиевых теплообменников от амальгамообразования.

2. Практическая часть

Тема: Анализ аварийных ситуаций.

Разобрать случай замерзания CO_2 в основном теплообменнике из-за недостаточной очистки. Предложить меры предотвращения (дублирующие анализаторы, контроль температуры).

3. Вопросы к практическому занятию

1. Какие типы компрессоров применяются на крупнотоннажных СПГ-заводах и почему они предпочтительны?
2. Каковы конструктивные особенности спиральновитых теплообменников, используемых в циклах со смесевым хладагентом?
3. Назовите основные требования к материалам оборудования, работающего при криогенных температурах (-150°C и ниже).

Практическое занятие № 5. Хранение СПГ: типы резервуаров, изоляция, особенности эксплуатации

1. Теоретическая часть

Классификация резервуаров: одностенные, двустенные (full containment, membrane). Конструктивные элементы: внутренний резервуар из 9% никелевой стали или мембрана из инвара, внешний железобетонный резервуар, теплоизоляция.

Теплоизоляция: перлит, пенополиуретан, вакуумная изоляция для малотоннажных ёмкостей. Теплопритоки и их влияние на испарение (BOG).

Стратификация и ролловер: причины (различие плотности слоёв), методы предотвращения (контроль состава, перемешивание, использование насосов-миксеров).

Эксплуатационные режимы: приём СПГ, отгрузка, длительное хранение. Контроль давления, температуры, уровня.

2. Практическая часть

Тема: Изучение конструктивных чертежей.

На примере типового резервуара full containment определить расположение донной изоляции, стеновых панелей, системы подогрева основания. Объяснить назначение вентилируемого пространства между внутренним и внешним резервуаром.

3. Вопросы к практическому занятию

1. Назовите основные типы резервуаров для хранения СПГ (одно- и двустенные, с поддоном, полносдерживающие). В чём их конструктивные отличия?
2. Какие материалы используются для теплоизоляции криогенных резервуаров и каковы требования к их пожаробезопасности?
3. Что такое «стратификация» и «ролловер» (rollover) в резервуаре с СПГ, и как предотвратить эти явления?

Практическое занятие № 6. Транспортировка СПГ: морские суда-газовозы, железнодорожные и автомобильные перевозки

1. Теоретическая часть

Морской транспорт: типы судов (Moss – сферические танки, Membrane – мембранные). Системы изоляции (Mark III, NO 96). Особенности грузовых операций (loading arm, vapour return).

Железнодорожные перевозки: криогенные цистерны, требования к безопасности (ГОСТ Р 56352-2015, Правила перевозок опасных грузов по ж/д).

Автомобильные перевозки: криоцистерны на шасси, особенности заправки, разрешённые маршруты.

Нормативное регулирование: Международный кодекс по перевозке сжиженных газов наливом (IGC Code), российские ПБ 123-2015.

2. Практическая часть

Тема: Сравнение эффективности видов транспорта.

Для заданного расстояния (например, 500 км) и объёма перевозки (2000 м³/сут) сравнить количество рейсов автомобильных цистерн (20 м³) и железнодорожных (100 м³). Оценить капитальные и эксплуатационные затраты.

3. Вопросы к практическому занятию

1. Назовите основные типы резервуаров для хранения СПГ (одно- и двустенные, с поддоном, полносодерживающие). В чём их конструктивные отличия?
2. Какие материалы используются для теплоизоляции криогенных резервуаров и каковы требования к их пожаробезопасности?
3. Что такое «стратификация» и «ролlover» (rollover) в резервуаре с СПГ, и как предотвратить эти явления?

Практическое занятие № 7. Регазификация СПГ: терминалы, испарители, подача в газотранспортные сети

1. Теоретическая часть

Типы терминалов: береговые, плавучие (FSRU). Основные этапы: приём СПГ, хранение, регазификация, подача в газопровод.

Испарители: с открытым водяным подогревом (ORV), с промежуточным теплоносителем (IFV), с подогревом воздухом (SCV). Принцип работы, преимущества, ограничения.

Обеспечение качества газа: регулирование теплоты сгорания (добавление азота, пропана), коррекция числа Воббе. Станции одоризации.

Особенности пуска и остановки терминала. Управление BOG во время регазификации.

2. Практическая часть

Тема: Расчёт производительности испарителя.

Для заданного расхода СПГ (т/ч) и требуемого перепада температур рассчитать тепловую нагрузку испарителя. Подобрать тип испарителя (ORV или IFV) исходя из климатических условий (температура морской воды).

Определение необходимой добавки азота.

Исходный состав регазифицированного СПГ имеет теплоту сгорания 41 МДж/м³, а норма для магистрального газопровода – 38 МДж/м³. Рассчитать объём азота (м³/1000 м³ газа) для снижения теплоты сгорания до требуемого значения.

Разработка алгоритма пуска терминала.

Составить пошаговую инструкцию от прибытия судна до начала подачи газа в магистраль. Учесть операции: швартовка, присоединение рукавов, охлаждение трубопроводов, запуск насосов, работа испарителей, контроль состава газа.

3. Вопросы к практическому занятию

1. Какие типы испарителей СПГ (регазификаторов) используются на приёмных терминалах? В чём преимущества испарителей с промежуточным теплоносителем?
2. Как обеспечивается соответствие качества регазифицированного газа требованиям магистральных газопроводов (по теплоте сгорания, числу Воббе)?
3. Назовите основные этапы технологического процесса на береговом регазификационном терминале.

Практическое занятие № 8. Безопасность на объектах производства СПГ: анализ рисков, нормативные требования, системы защиты

1. Теоретическая часть

Опасные факторы: пожаровзрывоопасность (категория А), криогенные ожоги, асфиксия, быстровскипание жидкости (BLEVE), образование парогазового облака.

Нормативная база: Федеральный закон № 116-ФЗ «О промышленной безопасности», Правила безопасности объектов СПГ (Приказ Ростехнадзора № 521), ГОСТ Р 56352-2015, Приказ № 251 (методика анализа риска).

Системы противоаварийной защиты: газоанализаторы (фиксированные, переносные), системы аварийной вентиляции, системы орошения, предохранительные клапаны, системы локализации разливов (ограждения, поддоны).

Организация безопасности: декларация промышленной безопасности, план ликвидации аварий, аттестация персонала.

2. Практическая часть

Тема: Проведение анализа риска (методика Приказа № 251).

Для выбранного узла (например, насосная отгрузки СПГ) идентифицировать опасные события, оценить частоту и последствия, заполнить матрицу риска. Предложить дополнительные меры снижения риска.

3. Вопросы к практическому занятию

1. Перечислите основные опасные факторы, характерные для производств сжиженного природного газа.
2. Какие требования устанавливает Приказ Ростехнадзора от 09.08.2024 № 251 при проведении анализа риска?
3. Назовите системы противоаварийной защиты, которые обязательно должны быть предусмотрены на СПГ-производстве (газоанализ, аварийная вентиляция, системы орошения).

Практическое занятие № 9. Экологические аспекты и перспективы развития производства СПГ

1. Теоретическая часть

Выбросы в атмосферу: CO₂ от факелов и энергетических установок, метан (парниковый эффект), оксиды азота при сжигании топлива. Методы снижения: использование электропривода (CO₂-нейтральность), утилизация BOG, системы улавливания CO₂.

Водопользование: сбросы после химической очистки, использование морской воды для испарителей, термическое загрязнение.

Эффект от использования СПГ как моторного топлива: снижение выбросов NO_x, SO_x, твёрдых частиц, уменьшение углеродного следа по сравнению с дизельным топливом и углём.

Перспективы: малотоннажное производство (LNG for bunkering, газификация удалённых районов), создание кластеров СПГ, развитие водородной энергетики (использование инфраструктуры СПГ для водорода), применение цифровых двойников.

2. Практическая часть

Тема: Проектирование системы утилизации BOG.

На основе данных о суточном испарении (ранее рассчитанных) предложить оптимальный способ использования BOG: реконденсация, компримирование в сеть, подача в генераторы электроэнергии. Выполнить экологическое обоснование выбранного варианта.

3. Вопросы к практическому занятию

1. Какие выбросы в атмосферу характерны для СПГ-завода и какими способами их минимизируют?
2. В чём заключается эффект снижения углеродного следа при использовании СПГ по сравнению с другими видами ископаемого топлива?
3. Назовите основные направления развития малотоннажного производства СПГ и его потенциальные ниши применения (транспорт, автономная газификация).

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. Крапивский, Евгений Исаакович. Производство, транспорт и хранение сжиженных природных газов: учебное пособие / Е. И. Крапивский, М. Ю. Земенкова; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Тюменский индустриальный университет. - Тюмень: ТИУ, 2020. - 221 с.: ил. - Библиогр.: с. 211–221 (140 назв.). - 500 экз. - ISBN 978-5-9961-2217-2. - Текст (визуальный): непосредственный.
3. Майорец, М. Сжиженный газ - будущее мировой энергетики / М. Майорец, К. Симонов. — Москва: Альпина Паблишер, 2013. — 358 с. — ISBN 978-5-9614-4403-2.
4. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности объектов сжиженного природного газа» (Приказ Ростехнадзора от 11.12.2020 № 521).
5. ГОСТ Р 56352–2015. Национальный стандарт Российской Федерации. Нефтяная и газовая промышленность. Производство, хранение и перекачка сжиженного природного газа. Общие требования безопасности

**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

ПРОИЗВОДСТВО СЖИЖЕННОГО ПРИРОДНОГО ГАЗА

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