ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«АСТРАХАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»
Институт нефти и газа
Кафедра «Химическая технология переработки нефти и газа»

Основы подготовки и сжижения природного газа

Методические указания по выполнению практических заданий
по дисциплине «Основы подготовки и сжижения природного газа»
Направление подготовки **18.04.01 Химическая технология**
Направленность подготовки «**Химическая технология топлива и газа»**

АСТРАХАНЬ – 2021

Автор: к.т.н., доцент Чудиевич Д.А., методист Тастенова М.

Рецензент: к.т.н., доцент Савенкова И.В.

Методические указания по выполнению практических заданий студентов по дисциплине «Основы подготовки и сжижения природного газа». Направление подготовки 18.04.01 Химическая технология, направленность подготовки «Химическая технология топлива и газа» для всех форм обучения.

Предлагаемые методические указания к выполнению практических заданий содержат теоретическую часть, практические задания и вопросы для проведения промежуточной аттестации (контрольный срез знаний).

Методические указания по выполнению практических занятий по дисциплине «Основы подготовки и сжижения природного газа» утверждены на заседании кафедры «Химическая технология переработки нефти и газа» (протокол № 8 от 31 августа 2021г.) и рекомендованы к внутрикафедральному использованию.

© Астраханский государственный технический университет

ВВЕДЕНИЕ

Сжиженный природный газ (СПГ) — перспективный и экологически безопасный энергоноситель XXI века. Когда природный газ охлаждается до температуры −160 °C, происходит его сжижение. Объем СПГ в 600 раз меньше объема природного газа.

СПГ представляет собой чистую бесцветную жидкость без запаха, плотность которой в два раза меньше плотности воды. Газ остается в жидком состоянии и при нормальном атмосферном давлении, что делает возможным его перевозку специальными танкерами и хранение. Для использования СПГ необходимо перевести обратно в газообразное состояние с помощью специальных регазификационных терминалов.

При изучении предмета «Основы подготовки и сжижения природного газа» студенты овладевают следующими компетенциями:
ПК-2: Готов к поиску, обработке, анализу и систематизации научно-технической информации по теме исследования, выбору методик и средств решения задачи: ПК-3: Способен к обработке и анализу результатов исследования, их научному обоснованию, написанию научных публикаций.

При освоении компетенций обучающийся должен:

З**нать** - ПК-2.1- Технологические схемы процессов, основное оборудование процессов, принципы его работы и правила технической эксплуатации. Передовой отечественный и зарубежный опыт в изучаемой области; ПК-3.1 Методы выявления и использования резерв производства, методы анализа результатов, методы определения эффективности внедрения новой техники и технологий.

Уметь: ПК-2 - Определять направленность переработки углеводородного сырья, рассчитывать производственные мощности и загрузку оборудования технологический установки с учетом требований промышленной и экологической безопасности и конкурентоспособности выпускаемой продукции; ПК-3 - Разрабатывать методические материалы, техническую документацию, а также систематизировать полученные результаты и знания.

Владеть – ПК-2 - Навыками работы с нормативно-правовой документацией, методиками; ПК-3 - Навыками проведения организационно-технических мероприятий, научно-исследовательских работ.

1. Способы подготовки и сжижения природного газа

1.1 Способы сжижения природного газа

Существует несколько способов сжижения природного газа

1. Классический каскадный цикл с последовательным использованием в качестве хладагентов пропана, этилена и метана путем последовательного снижения их температуры кипения.
2. Цикл с двойным хладагентом – смесью этана и метана.
3. Расширительные циклы сжижения.
4. Новый способ «объединенный» автохолодильный каскадный цикл (ARC), в котором производится ступенчатая конденсация углеводородов с использованием их в качестве хладагентов в последующей ступени охлаждения при циркуляции неконденсирующегося азота.

Преимущество этого нового способа, испытываемого на опытной установке в Нанте (Франция) мощностью 28,3 тыс.м3/сутки, заключается в том, что отсутствует стадия получения и хранения хладагентов, и они извлекаются непосредственно в процессе сжижениях природного газа. Процесс требует меньших капитальных затрат в сравнении с обычным каскадным циклом, так как необходима только одна машина для циркуляции хладагентов и меньшее число теплообменников (см. рисунок 1).

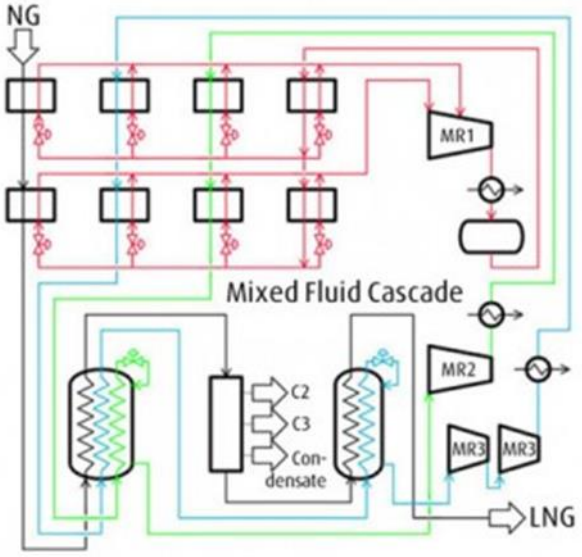


Рисунок 1 - Новый способ «объединенный» автохолодильный каскадный цикл (ARC)

Каскадная схема, в которой раздельно используются три хладоагента с последовательно снижающейся температурой кипения, требует больших капитальных, но меньших эксплуатационных затрат. Эта схема была последовательно усовершенствована; в настоящее время чаще применяется смесь хладоагентов; новая схема называется самоохлаждающей, так как часть хладоагента – этан и пропан – получаются из сжижаемого природного газа. Капитальные затраты при этом несколько ниже. В большинстве случаев

в каскадных схемах используются поршневые компрессоры, сравнительно дорогостоящие как по капитальным, так и по эксплуатационным затратам.

Расширительные схемы представляют существенный интерес, так как в них могут использоваться центробежные, более экономичные, машины, но расширительные циклы требуют затрат энергии на 20-30% больших, чем каскадные. Охлаждение достигается изоэнтропийным расширением метана в турбодетандере. Поток газа, предварительно очищенного от воды, углекислого газа и других загрязнений, сжижается под давлением за счет теплообмена с холодным расширенным газовым потоком. Для получения одной части жидкости необходимо подвергнуть сжатию и расширению примерно 10 частей газа.

Интересная модификация расширительной схемы может быть получена при подаче потребителю газа значительно более низкого давления, чем в питающем трубопроводе. Тогда за счет расширения поступающего из трубопровода газа можно получить дополнительное количество СПГ в количестве около 10% подаваемого газа. При этом экономятся капитальные затраты на компрессоры и эксплуатационные расходы на их обслуживание.

Преимущества

По сравнению с трубопроводным транспортом СПГ-технологии имеют множество преимуществ.

- СПГ может быть доставлен с любого завода по сжижению на любой регазификационный терминал.
- Сжижение природного газа увеличивает его плотность в 600 раз, что сокращает объем при транспортировке и хранении.
- СПГ — единственно подходящая технология для трансокеанских перевозок.
- СПГ обеспечивает возможность создания запасов газа и их использования по мере необходимости.
- СПГ нетоксичен, хранится под небольшим избыточным давлением при температуре около 112 градусов Кельвина (−161 °C) в емкости с теплоизоляцией.

Первые установки для сжижения природного газа в США

Строительству первых промышленных установок для сжижения природного газа предшествовали исследовательские работы. Изучались процессы сжижения, хранения и последующей регазификации сжиженного природного газа. В США эти работы проводились на небольшом резервуаре, заполненном сжиженным азотом и покрытом изоляционными пластинами толщиной 1 м. По количеству испаряемого газа и показаниям термопар, установленных в слое изоляции, судили о пригодности изолирующего материала. Одновременно изучалось поведение различных металлов в условиях низких температур.

По окончании этих работ в 1939 г. при Корнуэльской исследовательской станции Американской газовой ассоциации (штат Западная Виргиния) была сооружена опытная установка для сжижения, хранения и регазификации сжиженного природного газа. В задачи исследований, проводившихся на установке, входило определение скорости испарения сжиженного газа, изучение поведения легированных сталей различных марок при низких температурах, подбор изоляции для резервуаров и трубопроводов, а также анализ методов очистки сжижаемого газа от водяных паров и углекислоты.

Сжижение природного газа выполнялось по каскадной схеме с одновременным снижением давления газа и последовательным его охлаждением специальными хладоагентами. Каскадный цикл состоял из трех ступеней: на первой и второй применялся аммиак (температура кипения –31°С), на третьей — этилен (температура кипения –100°С).

Пропускная способность установки составляла 11,3 тыс. м3 газа в сутки. Для очистки сжижаемого природного газа от водяных паров и углекислоты газ пропускали через серию абсорберов, содержащих моноэтаноламин и диэтиленгликоль. Удаление остатков влаги осуществлялось в емкостях, заполненных гранулированной окисью алюминия.

Холодильная установка имела мощность 400 л. с. Хранение сжиженного газа осуществлялось в резервуаре диаметром 3 м и длиной 5,5 м, вмещавшем 54,88 тыс. л, что эквивалентно 28,3 тыс. м3 газа. Резервуар был изготовлен из листовой легированной стали с 2% никеля и покрыт снаружи пробковой изоляцией толщиной 75 см, пропитанной битуминозной смолой. Устанавливался резервуар горизонтально на деревянных козлах.

Полученные в Корнуэлле данные позволили спроектировать и построить в г. Кливленде (штат Огайо, США) в сентябре 1940 – январе 1941 гг. крупную промышленную установку для сжижения природного газа для покрытия пиковых нагрузок газопотребления.

Кливленд, Питсбург и другие крупные промышленные центры штатов Огайо и Западная Виргиния получали природный газ с месторождений Аппалачского района. Постепенное истощение этих месторождений вызывало опасения, особенно возросшие в период второй мировой войны в связи с резким увеличением потребления газа военными предприятиями. Это и диктовало необходимость сооружения установки сжижения природного газа в данном районе.

Пропускная способность установки в Кливленде составляла 114 тыс. м3природного газа в сутки и по регазификации газа до 2 млн. м3/сутки.

Газ, поступающий на установку под давлением 2 кГ/см2, сжимается компрессором мощностью 440 кВт до 40 кГ/см2. В масляном сепараторе, установленном после компрессора и заполненном активированной окисью алюминия, из газа удаляются капли масла. Затем газ поступает в скруббер,

где под действием смеси моноэтаноламина и диэтиленгликоля из газа удаляются влага и углекислота. Окончательная очистка от влаги осуществляется активированной окисью алюминия.

После очистки газ охлаждается до температуры –88°С в теплообменнике с кипящим сжиженным этиленом. Частично сжиженный газ поступает в горизонтальную емкость, уровень жидкости в которой поддерживается примерно на половине высоты аппарата, одновременно здесь же удаляются несконденсировавшиеся газы — кислород, азот и др.

Дальнейшее охлаждение конденсата холодными парами метана, образовавшимися при дросселировании жидкости, происходит в двух теплообменниках, после чего он поступает и вертикальную емкость — первичную емкость сжиженного газа. При помощи дроссельного вентиля давление жидкости снижается с 40 до 3,7 кГ/см2.

Отделившийся в этой емкости газ возвращается для компрессии, охлаждая на своем пути сжиженный газ и используемые в системе хладоагенты. Повторное сжатие газа до 40 кГ/см2 осуществляется в компрессоре мощностью 590 кВт. Этот газ снова возвращается в цикл.

Сжиженный газ из первичной емкости поступает на второй дроссельный клапан, при помощи которого давление снижается с 3,7 до 0,33 кГ/см2 и в результате температура жидкости падает до –156°С. Этот сжиженный природный газ поступает в сферические резервуары для хранения.

Как отмечалось выше, часть сжиженного газа при хранении испаряется. Этот газ, пройдя через теплообменники, поступает на сжатие в компрессоры мощностью 110 и 590 кВт и затем возвращается в цикл, минуя стадию очистки газа.

Этилен при температуре –1,1°С и давлении 0,2 кГ/см2 после конденсатора природного газа и теплообменников поступает в компрессор мощностью 880 кВт, где он сжимается до 22,5 кГ/см2. Затем газообразный этилен подается в конденсатор, охлаждаемый аммиаком, а после этого сжиженный этилен при температуре –22,2°С поступает в сборник. Далее сжиженный этилен проходит через два теплообменника, в которых он переохлаждается до –44,4°С, дросселируется до давления 0,33 кГ/см2 и поступает в теплообменник, где подвергается кипению при температуре –98,3°С.

Газообразный аммиак при давлении 0,23 кГ/см2 поступает в компрессор мощностью 370 кВт, где он сжимается до давления 7,6 кГ/см2, затем он подается в орошаемый водой конденсатор и при температуре 20°С сжижается и поступает в сборник. Далее сжиженный аммиак проходит через два теплообменника, где он охлаждается газовым потоком после этиленового цикла до температуры –7,2°С. Затем аммиак испаряется в этиленовом конденсаторе при давлении 0,27 кГ/см2 и температуре –29°С, после чего газообразный аммиак возвращается в цикл.

Вода, применяемая для промежуточных холодильников и сепараторов, охлаждается в специальной градирне. Общая мощность компрессоров установки 2500 кВт.

Хранение сжиженного природного газа осуществляется в трех сферических резервуарах (внутренний диаметр 17,3 м, наружный 19,2 м), представляющих собой двухстенные емкости с зазором между стенками 900 мм, заполненным изоляционным слоем пробки. Нижняя половина изоляции состоит из девяти слоев формованной пробки толщиной по 100 мм, верхнюю часть изоляции составляет гранулированная пробка. Объем внутреннего резервуара примерно 2400 м3, что эквивалентно 1430 тыс. м3 газа. Внутренний цельносварной резервуар, изготовленный из специальной стали, содержащей 0,096% углерода и 3,51% никеля, обварен снаружи прутьями из нержавеющей стали, содержащей 25% хрома и 20% никеля.

В начале 1944 г. для удовлетворения возросших потребностей в газе на установке был построен четвертый резервуар, изготовленный из того же металла, что и три предыдущих. Резервуар цилиндрической формы был выполнен двухстенным, с таким же зазором между стенками, как и в сферических резервуарах. Диаметр внутреннего резервуара 21,3 м3, что эквивалентно 2570 тыс. м3 газа. На резервуаре были сделаны специальные днища и крышки, позволяющие воспринимать растягивающие и сжимающие усилия. Пространство между внутренним и внешним резервуарами заполнялось слоем изоляции из горного льна, так как запасы пробки в то время значительно сократились.

Регазификация сжиженного газа осуществляется с помощью водяного пара па специальной установке. При этом получают газ под давлением, необходимым для распределения газа по городским сетям.

Оборудование установки регазификации состоит из насосов для подачи сжиженного метана и специальных подогревателей для его испарения при температуре 10°С. Производительность котельной установки, служащей для подачи пара в подогреватели, 28 т пара в час; котлы приспособлены для работы как на газообразном, так и на жидком топливе.

1.2 Преимущества СПГ как вида топлива

Во-первых, сжижение природного газа увеличивает его плотность в 600 раз, что повышает эффективность и удобство хранения, а также транспортировки и потребления энергоносителя (в том числе и как моторного топлива для транспортных средств).

Во-вторых, СПГ – криогенная жидкость, которая хранится под небольшим избыточным давлением при температуре около 112 К (-161 °С) в емкости с теплоизоляцией, и нетоксична.

В-третьих, СПГ дает возможность газификации объектов, удаленных от магистральных трубопроводов на значительные расстояния, что, помимо всего прочего, например, позволяет также вовлекать в сельскохозяйственный оборот глубинные (удаленные) территории.

В ОАО «Газпром» разработана программа работ по решению актуальных задач газификации населенных пунктов, отдаленных от газопроводов. По оценкам специалистов ВНИИпромгаза, около 50% населенных пунктов, нуждающихся в газификации, экономически целесообразно обеспечивать газовым топливом в виде привозного СПГ.

Другой причиной необходимости ускорения работ по использованию СПГ является то, что все крупнейшие месторождения природного газа в России находятся в удаленных районах, неблагоприятных для строительства транспортных газопроводов, и наиболее целесообразным здесь представляется транспортировка газа в жидком состоянии. В XXI веке все основные российские газовые месторождения будут располагаться именно в таких районах (Баренцево море, шельф Карского моря, остров Сахалин и т. д.). Это обуславливает необходимость строительства крупных заводов по производству СПГ в местах перспективных месторождений.

1.3 Классические установки сжижения природного газа

По заказу ООО «Лентрансгаз» в ОАО «Криогенмаш» на базе накопленного опыта по внедрению детандер-компрессорных агрегатов была разработана технология сжижения природного газа с использованием энергии перепада давления газа на ГРС.

На рисунке приводится принципиальная схема установки сжижения ПГ, разработанной применительно к ГРС «Никольская» (Ленинградская область) с расходом природного газа 8 000 нм3 / ч, с расчетным давлением на входе в ГРС, равным 3,3 МПа, и на выходе – 0,28-0,6 МПа. Расчетная производительность установки по СПГ равна 24 тоннам в сутки.

Установка сжижения природного газа состоит из блока теплообменников вымораживателей, системы охлаждения компримированного газа, блока сжижения, двухступенчатого турбодетандер-компрессорного агрегата, автоматизированной системы контроля и управления работой установки (АСКУ), арматуры, в том числе управляемой, и КИП.

Как правило, в последнее время для комплексной очистки газа от влаги, углекислого газа и тяжелых углеводородов используют адсорбционный способ глубокой очистки газа на молекулярных ситах.

Для регенерации используется очищенный нагретый газ, что связано с дополнительными затратами энергии и часто – отвлечением части очищенного газа на нагрев и охлаждение адсорбента. При этом производительность блока адсорбционной очистки снижается из-за количества газа, направляемого на регенерацию.

В разработанной ОАО «Криогенмаш» установке по сжижению природного газа в связи с достаточно высокой чистотой природного газа (содержание CO2 не более 400 ppm) предусматривается только осушка газа,

которую с целью снижения стоимости оборудования предусмотрено проводить способом вымораживания влаги.

Принципиальная схема установки приведена на рисунке 2.

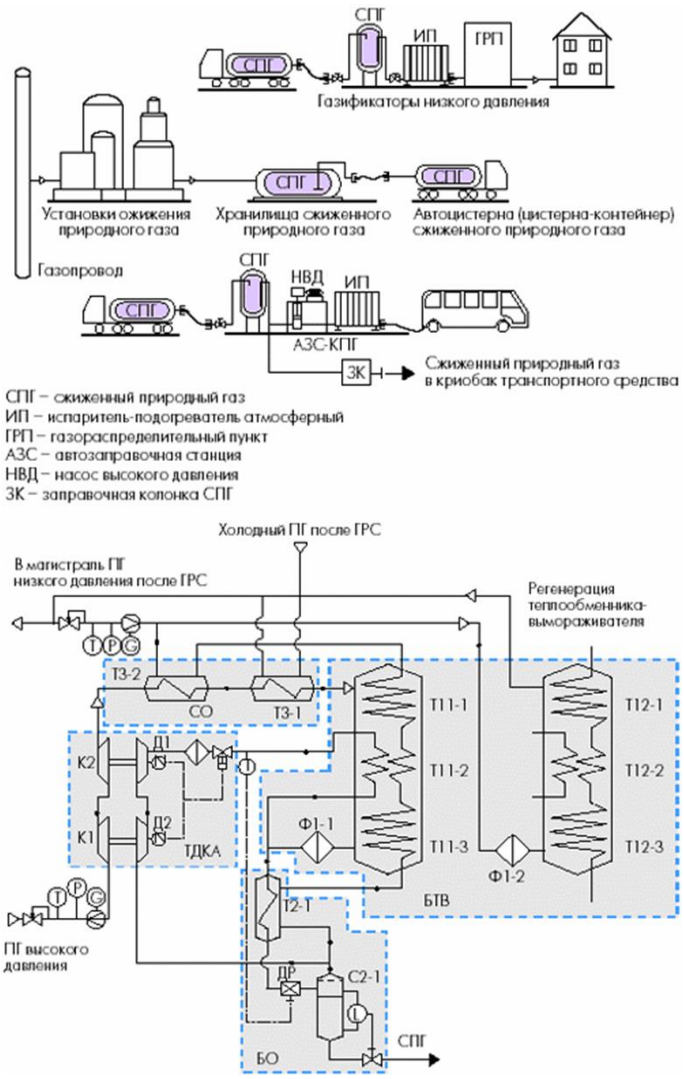


Рисунок 2- Установка по сжижению природного газа, разработанная ОАО «Криогенмаш»

Принцип работы установки

Принцип работы установки заключается в следующем. Природный газ с расходом 8 000 нм3 / ч и давлением 3,3 МПа поступает на турбокомпрессоры К1 и К2, работающие на одном валу с турбодетандерами Д1 и Д2. В 2-ступенчатом турбокомпрессоре давление газа повышается до 4,5 МПа, затем сжатый газ последовательно охлаждается в теплообменниках Т3-2 и Т3-1 и поступает в вымораживатель, состоящий из 3 теплообменников Т11-1, Т11-2 и Т11-3 (или Т12-1, Т12-2 и Т12-3), где за счет использования холода обратного потока газа из теплообменника Т2-1 происходит вымораживание влаги. Очищенный газ после фильтра Ф1-2 разбивается на

два потока. Один поток (большую часть) направляют в вымораживатель для рекуперации холода, а на выходе из вымораживателя через фильтр подают последовательно на турбодетандеры Д1 и Д2, а после них направляют в обратный поток на выходе из сепаратора С2-1. Второй поток направляют в теплообменник Т2-1, где после охлаждения дросселируют через дроссель ДР в сепаратор С2-1, в котором производят отделение жидкой фазы от его паров. Жидкую фазу (сжиженный природный газ) направляют в накопитель и потребителю, а паровую фазу подают последовательно в теплообменник Т2-1, вымораживатель Т11 или Т12 и теплообменник Т3-2, а после него в магистраль низкого давления, расположенную после газораспределительной станции. Через определенное время работающий вымораживатель Т11 переводят на отогрев и продувку газом низкого давления из магистрали, а на рабочий режим переводят вымораживатель Т12.

Окупаемость – за три года

В 1996 году Россия стала тринадцатой страной-производителем СПГ. И в то же время с позапрошлого годы мы – двенадцатая страна-экспортер этого продукта, отправившая СПГ в Швецию, Финляндию, Польшу, Германию. Пока это небольшие поставки, которые позволяют выявить и в дальнейшем локализовать все проблемы, связанные с этим процессом. Но сжиженный природный газ – очень хорошее моторное топливо, в том числе и для автомобилей.

Стабильно растущий год от году спрос на сжиженный газ не рождает на внутреннем рынке адекватного предложения, так что спрос сейчас превышает его в два-три раза. Такой дисбаланс объясняется нехваткой сырья – обычного природного газа. Причины дефицита газа известны. Во-первых, это недостаточные усилия «Газпрома» по наращиванию добычи. Во-вторых, огромный спрос на обычный газ в мире. И наконец, третья причина – большая (в несколько раз) разница мировых цен на газ и внутрироссийских, устанавливаемых государством. Две последние причины делают экспорт газа наиболее выгодным направлением сбыта, что с учетом первой и порождает дефицит на внутреннем рынке.

Объем внутреннего рынка СПГ достигает 5-7 млрд кубометров ежегодно, что несравнимо с объемом рынка природного газа (459 млрд кубометров). Недостатком сырья объясняется и небольшое количество игроков на рынке. В России СПГ производят только четыре компании. Это «Уралтрансгаз» (Екатеринбург), «Лентрансгаз», «Криогаз» и московская «Экип-газ». Первые две принадлежат «Газпрому». Хотя газовому монополисту невыгодно заниматься производством СПГ, но приходится: государство требует обеспечивать сжиженным газом те регионы, куда не дотягиваются его трубы. Однако «Газпром» не считает это бизнесом и до последнего времени, как только появлялась возможность, стремился избавляться от соответствующих активов.

Перспективы использования сжиженного газа в качестве моторного топлива (для мощных грузовиков, так как для легковых автомобилей используют жидкий пропан-бутан), как считают аналитики, связаны с ужесточением экологических требований к выхлопам грузовиков и повышением цен на альтернативные СПГ виды топлива.

Ориентируясь на крупнейшие рынки сбыта, «Газпром» собирается экспортировать сжиженный метан по двум направлениям – в Восточную Азию и Северную Америку. В связи с этим первые российские заводы по сжижению газа появятся на Сахалине и на Северо-Западе. Строительство завода на Сахалине практически завершено, и, как утверждают в «Газпроме», уже в конце 2008-го начались поставки в Японию и Южную Корею. Темпы строительства завода по сжижению в Мурманской области (мощностью до 30 млн тонн) несколько отстают по сравнению с сахалинским проектом – строительство началось в 2010 году.

При всем том выход «Газпрома» на мировой рынок СПГ сопряжен с определенными трудностями. Во-первых, конкуренция на рынке высока, а во-вторых, технологии производства СПГ специфичны. Опыт подобного производства у российских энергетических компаний недостаточен, а по ряду вопросов практически отсутствует. Все это усложняет задачу выхода на мировой рынок. Поэтому для реализации проекта в Мурманской области «Газпром» привлек иностранных партнеров – французскую Total и норвежскую Statoil Hydro, на Сахалине же газовый монополист сотрудничает с Shell, Mitsui и Mitsubishi.

Сахалинский проект: Специально для проекта был разработан технологический процесс сжижения газа с применением двойного смешанного хладагента (Double Mixed Refrigerant — DMR). Эта технология, являющаяся самой передовой на сегодняшний день, была адаптирована таким образом, чтобы обеспечить максимальную эффективность производства в условиях холодных сахалинских зим при оптимальном режиме работы компрессоров.

СПГ проекта «Сахалин-2» — это самый быстрый и экономичный способ доставки российского газа в страны Азиатско-Тихоокеанского региона. Для России это выход на принципиально новый рынок сбыта, установление отношений с надежными покупателями энергоресурсов, обеспечение долгосрочного и стабильного развития регионов Дальнего Востока.

2 Структура и задания практических работ

Практические работы предназначены для закрепления теоретических знаний, полученных на лекционных занятиях.

Цель методических рекомендаций: оказание помощи обучающимся в выполнении практических занятий по дисциплине.

Практическое занятие — форма организации оцениваемой деятельности обучающегося, заключающаяся в выполнении им комплекса

контрольных упражнений, направленных на демонстрацию сформированных умений и навыков, компетенций.

Практические занятия проходят в форме семинара по схеме «Вопрос-ответ-дискуссия».

Учащийся готовит доклад в виде презентации или устного доклада.

Требование к оформлению доклада – использование доступных для воспроизводства технологий презентаций. Доклад должен длиться от 5-10 мин и зависит от емкости освещаемой темы.

2.1Типовые контрольные задания к практическим занятиям

Практическое занятие №1 (4часа)
Обсуждаемые вопросы

1. Историческая справка о развитии сжижения природного газа.
2.Виды и области применения сжиженных газов.
3.Мировая индустрия сжиженного природного газа.
4.Перспективы развития.

Практическое занятие №2 (8 часов)
Обсуждаемые вопросы

1. Производство сжиженного природного газа.
2. Термодинамические и технологическое основы сжижения газов.
3.Малотоннажное производство сжиженного природного газа.
4.Основные технологические процессы завода по сжижению природного газа.

Практическое занятие № 3 (6)
Обсуждаемые вопросы

1.Хранение сжиженного природного газа.
2.Методы хранения. Хранилища, работающие под давлением. Хранилища, работающие при атмосферном давлении.
3.Ролловер (расслоение и самопроизвольный переворот слоев)

Практическое занятие № 4 (6ч.)
Обсуждаемые вопросы

1.Транспортировка сжиженного природного газа.
2.Перевозка автомобильным и железнодорожным транспортом.
3.Перекачка по трубопроводам.
4.Перевозка морским транспортом.
5.Авиатранспорт СПГ

Практическое занятие № 5 (6 ч.)

Обсуждаемые вопросы

1.Регазификационные терминалы сжиженного природного газа.
2. Особенности регазификации.
3. Регазификация с использованием холода.

Практическое занятие № 6 (6 ч.)

Обсуждаемые вопросы

1.Основы охраны окружающей среды и промышленной безопасности при производстве и использованию сжиженных газов.
2.Меры борьбы с коррозией и кристаллогидратами.
3.Профилактическое обслуживание объектов производства, транспорта и хранения СПГ.

2.2 Вопросы для проведения промежуточной аттестации (контрольный срез знаний)

1. Основные понятия о СУГ.
2. Источники получения и состав СУГ.
3. Почему СПГ является перспективным способом хранения и транспортировки энергоресурсов?
4. В чем заключается разница между пиковыми и основными заводами СПГ с точки зрения предназначения, масштабов и хранения?
5. В чем основные различия между СПГ и КГ?
6. Назовите основы термодинамики сжиженных газов.
7. Физико-химические свойства сжиженных углеводородных газов.
8. Понятие об абсолютной температуре, абсолютном давлении, энтальпии, единицы измерения и перевод единиц различных систем исчисления.
9. Определение агрегатного состояния, точки кипения, точки росы, плотность жидкой фазы, плотность газа. Термодинамические процессы: изоэнтропный, адиабатический, изотермический, реальный.
10. Понятие о температуре вспышки, температуре самовоспламенения, токсичности и другие.
11. Понятие и свойства смесей.
12. Особенности определения параметров смесей различных газов.
13. Назовите основные технологические способы сжижения природного газа.
14. Перечислите относительные преимущества открытого и замкнутого циклов сжижения газа.
15. Почему циклы со смешанным хладагентом могут иметь более высокий термодинамический КПД, чем циклы с чистым хладагентами?
16. Установки повторного сжижения газов
17. Сжижение газа методами Линде и Клода

18. Перевозка СУГ в железнодорожных цистернах.
19. Перевозка сжиженных газов в автомобильных цистернах.
20. Перевозка сжиженного газа автотранспортом в баллонах и «скользящих» резервуарах
21. Перевозка сжиженных природных газов по морю
22. Перевозка сжиженных природных газов речным транспортом
23. Транспортировка сжиженных природных газов по трубопроводам
24. Основное оборудование насосной станции
25. Определение числа насосных станции
26. Газонаполнительные станции
27. Групповые резервуарные установки
28. Индивидуальные баллонные установки
29. Продолжительность самотечного слива нефтепродуктов из железнодорожных цистерн
30. Принудительный слив нефтепродуктов из транспортных емкостей
31. Слив танкеров и барж
32. Сифонный слив
33. Эжекторный слив
34. Что такое коррозия и ее виды
35. Принцип действия катодной и анодной защиты
36. Что такое гидратообразование и методы предупреждения их образования
37. Определение объемов хранилищ СПГ
38. Основные способы хранения СПГ
39. Хранение СПГ под давлением в металлических резервуарах
40. Шахтные хранилища СПГ
41. Подземные хранилища СПГ
42. Изотермическое хранение СПГ
43. Почему определяют вероятностную температуру хранения нефтепродуктов
44. В чем разница между одинарными, двойными и двухоболочечными резервуарами с точки зрения утечек хранимого СПГ?
45. Что такое «ролловер» и как его предотвратить.
46. Перечислите четыре составляющие затрат на перемещение природного газа в виде СПГ от устья скважин до трубопровода потребителя.
47. Основные опасности на танкерах и газовозах.
48. Назовите основные нормативно-правовые и законодательные акты, регулирующие деятельность в области производства, транспорта и хранения СПГ
49. Общие принципы обеспечения безопасности.
50. Конструктивное обеспечение пожарной безопасности. Индивидуальные средства защиты.

51. Организационные мероприятия по обеспечению пожаробезопасности на объектах производства, транспорта и хранения СПГ.

2.3 Форма проведения практических занятий

Практические занятия проходят в форме опроса и дискусии по перчню вопросов, выносимых на занятие.

Список рекомендованной литературы

1. Потехин В.М. Химия и технология углеводородных газов и газового конденсата: Учебник в 2-х частях.- СПб.: ХИМИЗДАТ, 2016.-560 с.:, ил. https://www.labirint.ru/books/608114/
2. Майорец, Максим. Сжиженный газ - будущее мировой энергетики / М. Майорец, К. Симонов. — Москва: Альпина Паблишер, 2013. — 358 с.: ил. — ISBN 978-5-9614-4403-2. https://book24.ru/product/szhizhennyy-gaz-budushchee-mirovoy-energetiki-644110/
3. 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 https://book24.ru/product/szhizhennyy-gaz-budushchee-mirovoy-energetiki-644110/
4. Тараканов Г. В. Технология переработки природного газа и газового конденсата на Астраханском газоперерабатывающем заводе : учеб. пособие / Г. В. Тараканов; Астрахан. гос. техн. ун-т. – Астрахань: Изд-во АГТУ, 2013. – 148 с. [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: https://www.rucont.ru/efd/23698/
5. Тараканов Г.В. Современные моторные топлива: Учеб. пособие / Г.В. Тараканов; Астрахан. гос. техн. ун-т. – Астрахань: Изд-во АГТУ, 2010. – 164 с. [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: https://rucont.ru/efd/191121
6. Тараканов Г.В. Основные термины в нефтегазопереработке. Краткий справочник: учеб. пособие / Г.В. Тараканов; Астрахан. гос. техн. ун-т. – Астрахань: Изд-во АГТУ, 2011. – 100 с. [Электронный ресурс]:Режим доступа: URL: https://rucont.ru/efd/191122
7. Тараканов Г.В. Сырье и продукция перерабатывающих производств горючих полезных ископаемых. Термины и определения: Методические указания. – Астрахань: ФГБОУ ВПО «АГТУ», 2011. – 50 с. [Электронныйресурс] Режим доступа: URL: https://rucont.ru/efd/191123

8. Запорожец Е.П. Процессы и оборудование в технологиях подготовки и переработки углеводородных газов: монография / Е.П. Запорожец, Н.А. Шостак, Е.Е. Запорожец. – Москва; Вологда: Инфра-Инженерия,2021, – 600 с.: ил., табл., доступ https://www.labirint.ru/books/796489/
9. А.Дж. Кидни, У.Р. Парриш, Д.М. Маккартни. Основы переработки природного газа: пер. с англ. яз. 20-го изд. Под ред. О.П. Лыкова, И.А. Голубевой. – СПб.: ЦОП «Профессия», 2014. – 664 с., ил. https://rusneb.ru/catalog/001980_000024_DVGPB%7C%7C%7CBIBL%7C%7C%7C0000199977/
10. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности "Правила безопасности для объектов, использующих сжиженные углеводородные газы", утверждены приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 15 декабря 2020 года N 532.
http: //www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_373158/
11. ГОСТ ISO 9162─ 2013 НЕФТЕПРОДУКТЫ Топлива (класс F) Газы углеводородные сжиженные Технические условия (ISO 9162:1989, IDT). Принят Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол от 7 июня 2013 г. № 43-2013) доступ http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_373158/

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1 http://www.ogbus.ru – электронный журнал «Нефтегазовое дело»
2 http://www.nglib.ru – нефтегазовая библиотека
3 http://www.nitu.ru – электронные журналы «Химия и технология топлив и масел», «Технологии нефти и газа», «Промышленный сервис»
4 http://www.gosnadzor.ru – официальный сайт Ростехнадзора
5 http://www.btpnadzor.ru – электронный журнал «Безопасность труда в промышленности»
6 http://www.pbperm.ru – электронный журнал «Промышленность и безопасность»