

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ПОВОЛЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ



УТВЕРЖДАЮ
Директор ИММ

УТВЕРЖДАЮ /Н.П. Сютлов/
(Ф.И.О. декана (директора института))

27.02.2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Б.1.2.3 Транспорт и хранение сжиженных газов

(код и наименование дисциплины по учебному плану)

Направление подготовки (специальность) 23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов

Квалификация выпускника Бакалавр
(бакалавр/магистр/специалист)

Направленность Нефтепродуктообеспечение и газоснабжение

Курс 3
Семестр 5, 6

Распределение учебного времени

Трудоемкость по учебному плану	144 / 4	часов/зачетных единиц
Лекции	4	часов
Лабораторные работы	2	часов
Практические занятия	4	часов
Иная контактная работа	-	часов
Всего контактной работы (без учета экз.)	10	часов
Контактная работа по экзамену	-	часов
Курсовой проект (работа)	-	семестр
Самостоятельная работа обучающихся (без учета экз.)	134	часов
Самостоятельная работа по подготовке к экзамену	-	часов
Экзамен	-	семестр
Зачет	-	семестр
БРК, ДЗ	6	семестр

(год)

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО направления подготовки (специальности) 23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов

Программу составили:

доцент	ЭМиО	СОГЛАСОВАНО	Г.М. Гаджиев
(должность)	(кафедра)		(И.О. Фамилия)

РАССМОТРЕНА и ОДОБРЕНА на заседании кафедры, за которой закреплена дисциплина
Кафедра эксплуатации машин и оборудования

		(наименование кафедры)	
21.02.2023	протокол №	7	
(дата)			

Заведующий кафедрой	СОГЛАСОВАНО	Д.В. Костромин
		(И.О. Фамилия)

Рабочая программа СОГЛАСОВАНА с факультетом (институтом), выпускающей(ими) кафедрой(ами).

СООТВЕТСТВУЕТ действующей ОП.

Заведующий кафедрой	СОГЛАСОВАНО	Д.В. Костромин
		(И.О. Фамилия)

Председатель методической комиссии факультета (института), в который входит выпускающая кафедра

СОГЛАСОВАНО	А.А. Медяков
	(И.О. Фамилия)

Эксперт(ы): Еремеев Владимир Викторович, Главный инженер Марийского районного нефтепроводного управления АО «Транснефть – Верхняя Волга».

Рабочая программа проверена и зарегистрирована в УМЦ 06.03.2023 г.

Специалист учебно-методического центра СОГЛАСОВАНО /Т.А. Смирнова/

Раздел 1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является достижение планируемых результатов обучения, соответствующих установленным в ОПОП индикаторам достижения компетенций:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения
1. ПК-1 Обеспечение эксплуатации трубопроводов газовой отрасли	ПК-1.1 Обеспечение выполнения работ по содержанию трубопроводов газовой отрасли в соответствии с требованиями нормативной технической документации	знания: Обеспечивать выполнения работ по транспорту и хранению сжиженных газов и содержанию трубопроводов газовой отрасли в соответствии с требованиями нормативной технической документации умения: Выполнять работы по эксплуатации трубопроводов транспорта и хранения сжиженных газов в соответствии с требованиями нормативной технической документации навыки: Эксплуатировать трубопроводы транспорта и хранения сжиженных газов в соответствии с требованиями нормативной технической документации
	ПК-1.3 Обеспечение проведения мероприятий по повышению надежности и эффективности эксплуатации трубопроводов газовой отрасли	знания: Обеспечивать проведения мероприятий по повышению надежности и эффективности эксплуатации трубопроводов транспорта и хранения сжиженных газов отрасли умения: Проводить мероприятия по повышению надежности и эффективности эксплуатации транспорта и хранения сжиженных газов отрасли навыки: Проводить мероприятия по обеспечению надежности и эффективности эксплуатации трубопроводов транспорта и хранения сжиженных газов
2. ПК-2 Руководство работами по контролю технического состояния и техническому диагностированию на объектах и сооружениях нефтегазового комплекса	ПК-2.1 Руководство работами по неразрушающему контролю конструктивных элементов объектов и сооружений нефтегазового комплекса	знания: Руководить работами по контролю технического состояния и техническому диагностированию на объектах и сооружениях нефтегазового комплекса умения: Диагностировать техническое состояние транспорта и хранения сжиженных газов сооружений на объектах нефтегазового комплекса навыки: Контролировать техническое состояние сооружений транспорта и хранения сжиженных газов на объектах нефтегазового комплекса

Раздел 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений ОПОП.

Дисциплина является обязательной

Для продолжения формирования заявленных компетенций необходимы знания

предшествующих практик: Производственная практика. Технологическая (производственно-технологическая) практика (ПК-1)

Изучаемая дисциплина является основой для продолжения формирования указанных компетенций в следующих дисциплинах: Нормативно-техническая документация предприятий трубопроводного транспорта (ПК-1), Защита объектов трубопроводного транспорта от коррозии (ПК-1); практиках: Преддипломная практика (ПК-2); государственной итоговой аттестации в форме: Выполнение, подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы (ПК-2)

Раздел 3. ОПИСАНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Для формирования заявленных компетенций используются методологические технологии, реализующие деятельностный, личностно-ориентированный, практико-ориентированный подходы.

Основными стратегическими технологиями являются: лекционные занятия, процедуры самообучения, практические и лабораторные занятия

На достижение конкретных целей обучения направлены применяемые тактические технологии: выездные занятия, классическая лекция

Раздел 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5 семестр

Виды и темы занятий	Количество часов	Формируемые компетенции
Раздел 1. Физико-химические и термодинамические свойства СУГ	72	ПК-1, ПК-2
Лекция. Лекция 1.1 Основные понятия о сжиженных углеводородных газах. Источники получения, состав и свойства сжиженных углеводородных газов, термодинамические, физико-химические параметры влияющие на транспорт и хранение.	2	
Практическое занятие. Практические занятия. Определение параметров паровой фазы СУГ, среднего значения молекулярной массы, плотности, псевдокритической температуры и давление, газовую постоянную смеси. Расчет параметров смеси и диаграмма состояния.	2	
Задания для самостоятельной работы, в том числе выполнение КР Самостоятельная работа. Общие сведения о СУГ, составы, термодинамические, физико-химические параметры в соответствии с требованиями СНиП и ГОСТ Р 52087-2018 - Газы углеводородные сжиженные топливные.	68	
Иная контактная работа: консультации, выполнение контрольной работы	0	

6 семестр

Виды и темы занятий	Количество часов	Формируемые компетенции
Раздел 2. Транспорт и хранение сжиженных углеводородных газов.	72	ПК-1, ПК-2
Лекция. Лекция 2.1 Виды транспорта СУГ. Перевозка СУГ в железнодорожных цистернах, общие понятия, нормативная	2	

база. Типы цистерн, конструкция, оборудование, номенклатура. Слив и налив ж/д цистерн. Автомобильный транспорт СУГ. Перевозка СУГ в автоцистернах, общие понятия, нормативная база. Водный транспорт СУГ. Танкеры для перевозки СУГ общие понятия, нормативная база. Трубопроводный транспорт СУГ. Гидравлический расчет трубопроводов сжиженного газа.		
Практическое занятие. Практические занятия. Сливные и наливные операции. Нормативная база. Гидравлический расчет трубопровода для транспорта СУГ. Технологический расчет кустовых баз и газонаполнительных станций.	2	
Лабораторная работа. Определение параметров СУГ, находящегося в резервуаре. Технологический расчет изотермических хранилищ. Расчет резервуара на прочность. Устройства, оборудование. Снабжения потребителей пропан-бутано -воздушными смесями.	2	
Задания для самостоятельной работы, в том числе выполнение КР Самостоятельная работа. Перевозка СУГ в железнодорожных цистернах, общие понятия. Изучение ГОСТ 10674-82 «Вагоны-цистерны магистральных железных дорог» составление конспекта. Перевозка СУГ в автоцистернах, общие понятия, нормативная база. Автоцистерны по ГОСТ 15160-69. Изучение СНиП 2.05.06-85: Проектирование трубопроводов сжиженных углеводородных газов. Устройство кустовой базы (газонаполнительной станции) СУГ. Назначение и организационная структура кустовой базы, газонаполнительные станции, газонаполнительные пункты. Промежуточные склады баллонов, автомобильные газозаправочные станции. Принцип работы. Методы	66	
Иная контактная работа: консультации, дифференцированный зачет (БРК), выполнение контрольной работы	0	

Раздел 5. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины (модуля) рекомендуется начать с ознакомления с рабочей программой, ее структурой и содержанием разделов. Учебный материал структурирован, изучение дисциплины осуществляется в тематической последовательности. **Занятия лекционного типа** дают систематизированные знания по дисциплине (модулю), концентрируют внимание на наиболее сложных и важных вопросах. Во время лекционных занятий рекомендуется вести конспектирование учебного материала; обращать внимание на формулировки и категории, раскрывающие суть проблемы, явления или процесса; зафиксировать выводы и практические рекомендации. (при наличии)

Подготовка к занятиям **семинарского типа** включает ознакомление с планом **практического (лабораторного)** занятия; работу с конспектом лекций, выполнение домашнего задания, работу с учебной и учебно-методической литературой, научными изданиями и электронными образовательными ресурсами, рекомендованными рабочей программой дисциплины (модуля).

Содержание **самостоятельной работы** определяется рабочей программой дисциплины (модуля), оценочными и методическими материалами, заданиями и указаниями преподавателя. Самостоятельная работа может осуществляться в аудиторной и

внеаудиторной формах. Эффективным средством осуществления самостоятельной работы является электронная информационно-образовательная среда университета, которая обеспечивает доступ к образовательной программе, рабочей программе дисциплины (модуля), к электронным библиотечным системам, профессиональным базам данных и информационным справочным системам. Изучение дисциплины (модуля) включает выполнение, контрольной работы, Периодичность проведения, формы текущего контроля успеваемости, система оценивания хода освоения дисциплин представлены в рабочей программе. Формой промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) является **балльно-рейтинговый контроль в 6-ом семестре.**

Раздел 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Учебно-методическое обеспечение

№№ п/п	Список используемой литературы	Количество экземпляров печатных изданий, имеющихся в библиотеке, или электронный адрес издания (ресурса) в сети Интернет
УЧЕБНЫЕ, УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ И НАУЧНЫЕ ИЗДАНИЯ		
1.	Гаджиев, Гасан Магамедрасулович. Расчет линейной части магистрального газопровода [Текст] : учебно-методическое пособие по курсовому проектированию : для студентов направления бакалавриата 23.03.03 "Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов" (профиль "Трубопроводный транспорт нефти и газа"), изучающих дисциплину "Основы нефтегазового дела" / Г. М. Гаджиев, Ю. А. Горинов, А. М. Кайдаков; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, ФГБОУ ВО "Поволжский государственный технологический университет". Йошкар-Ола: ПГТУ, 2019. - 52 с. ISBN 978-	25 / https://portal.volgatech.net/books/Gadziev_Raschet_linei_noi_chasti_magistralnogo_gazoprovoda_2019.pdf
2.	Гаджиев, Гасан Магамедрасулович. Расчет резервуарного парка нефтебаз и нефтеперекачивающих станций в системе магистрального нефтепровода [Текст] : учебно-методическое пособие по курсовому проектированию для студентов направления подготовки 23.03.03 "Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов" (профиль "Трубопроводный транспорт нефти и газа"), изучающих дисциплину "Нефтепродуктообеспечение" / Г. М. Гаджиев, Ю. А. Горинов, А. М. Кайдаков; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, ФГБОУ ВО "Поволжский государственный технологический университет". Йошкар-Ола: ПГТУ, 2019. - 55 с. ISBN 978-5-8158-2079-1. Экземпляры: всего 19.	19 / https://portal.volgatech.net/books/Gadziev_Raschet_rezervuarnogo_parka_neftebaz_2019.pdf
3.	Коршак, Алексей Анатольевич. Основы транспорта, хранения и переработки нефти и газа [Текст] : учебное пособие : [по направлению "Нефтегазовое дело"] / А. А. Коршак. Ростов-на-Дону: Феникс, 2015. - 365 с. ISBN 978-5-222-24733-4. Экземпляры: всего 5.	5

4.	Коршак, Алексей Анатольевич. Нефтебазы и автозаправочные станции [Текст] : учебное пособие : [по направлению "Нефтегазовое дело"] / А. А. Коршак. Ростов-на-Дону: Феникс, 2015. - 494 с. ISBN 978-5-222-23525-6. Экземпляры: всего 5.	5
5.	Коршак, Алексей Анатольевич. Нефтебазы и автозаправочные станции [Текст] : учебное пособие : [по направлению "Нефтегазовое дело"] / А. А. Коршак. Ростов-на-Дону: Феникс, 2015. - 494 с. ISBN 978-5-222-23525-6. Экземпляры: всего 5.	5
6.	Коршак, А. А. Технологический расчет магистрального нефтепродуктопровода [Электронный ресурс] / Коршак А. А., Николаев А. К., Заринова Н. А. 4-е изд., стер. Санкт-Петербург: Лань, 2023. - 92 с. ISBN 978-5-8114-9484-2.	https://e.lanbook.com/book/352094

6.2. Материально-техническая база и программное обеспечение

№№ п/п	Аудитории для проведения учебных занятий, самостоятельной работы и проведения государственной итоговой аттестации	Перечень основного оборудования	Программное обеспечение
--------	---	---------------------------------	-------------------------

Раздел 7. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ/ ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Критерии оценивания индикаторов достижения компетенций направлены на:

- усвоение теоретического материала (объем знаний, глубина усвоения), предусмотренного рабочей программой;
- умение излагать материал (четкость, грамотность изложения материала, точность и полнота воспроизведения учебного материала);
- умение применять теоретические знания при решении практических заданий.

Шкала оценивания представлена ниже.

Уровень сформированности элементов компетенции	Критерии оценивания	Шкала оценивания
Пороговый уровень	Обучающийся имеет знания основного материала, проявляет умение логично его излагать, но может допускать неточности в изложении материала, недостаточно правильные формулировки, испытывает затруднения в выполнении практических заданий.	удовлетворительно
Продвинутый уровень	Обучающийся твердо знает программный материал, излагает его грамотно и по существу, не допускает существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения	хорошо
Высокий уровень	Обучающийся глубоко и прочно усвоил программный материал, грамотно и логически стройно его излагает, дает исчерпывающие ответы на поставленные вопросы. В ответе тесно увязывается теория с практикой, при этом	отлично

	обучающийся не затрудняется с ответом при видоизменении задания, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, показывает знакомство с монографической литературой, периодическими изданиями, правильно обосновывает принятые решения, свободно владеет разносторонними навыками, приемами выполнения практических работ	
--	---	--

7.1. Промежуточная аттестация обучающихся

Промежуточная аттестация обучающихся направлена на оценивание результатов обучения по дисциплине (модулю) и проводится с использованием фондов оценочных средств.

Примеры типовых контрольных заданий из базы фонда оценочных средств по образовательной программе.

Фонд оценочно-диагностических средств для текущего контроля на 5-й семестр

1. На какие магистральные трубопроводы не распространяются требования ФНиП "Правила безопасности для опасных производственных объектов магистральных трубопроводов"?

- А) Конденсатопроводы.
- Б) Трубопроводы широкой фракции легких углеводородов.

В) Аммиакопроводы.

Г) Нефтепродуктопроводы.

2. В соответствии с требованиями какого нормативно-правового документа обеспечивается пожарная безопасность ОПО МТ?

А) В соответствии с федеральными нормами и правилами в области промышленной безопасности "Правила безопасности для опасных производственных объектов магистральных трубопроводов".

Б) В соответствии с Федеральным законом "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности" от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ.

В) В соответствии с Федеральным законом "О промышленной безопасности опасных производственных объектов".

Г) В соответствии с СП 36.13330.2012 "Свод правил. Магистральные трубопроводы".

3. Что, согласно требованиям нормативных правовых актов и нормативных технических документов, допускается не проводить при выводе из консервации ОПО МТ?

- А) Ревизию трубопроводов и оборудования ОПО МТ.
- Б) Опробование трубопроводов и оборудования ОПО МТ.

В) Техническое диагностирование трубопроводов и оборудования ОПО МТ.

Г) Испытания трубопроводов и оборудования ОПО МТ.

4. Какие работы должны быть проведены перед выводом из эксплуатации ОПО МТ, подлежащих ликвидации?

А) Освобождение трубопроводов и оборудования объектов от углеводородов.

Б) Очистка трубопроводов.

В) Ревизия и проверка трубопроводов и оборудования ОПО МТ.

Г) Техническое диагностирование трубопроводов и оборудования ОПО МТ.

5. На какие объекты производства СУГ распространяются Правила безопасности при производстве, хранении и выдаче сжиженного природного газа ПБ 08-342-00

А) С общим объемом хранения СУГ до 250 м³ при единичной емкости криогенных резервуаров не более 250 м³.

Б) С общим объемом хранения СУГ до 300 м³ при единичной емкости криогенных резервуаров не более 100 м³.

В) С общим объемом хранения СПГ до 450 м³ при единичной емкости криогенных резервуаров не более 150 м³.

Г) С общим объемом хранения СУГ до 400 м³ при единичной емкости криогенных резервуаров не более 200 м³.

6. На какой вид деятельности не распространяются Правила безопасности при производстве, хранении и выдаче сжиженного природного газа на ГРС МГ и АГНКС?

А) На проектирование, монтаж, пусконаладочные работы, приемку, эксплуатацию, ликвидацию и консервацию установок сжижения природного газа.

Б) На проектирование, монтаж, пусконаладочные работы, приемку, эксплуатацию, ликвидацию и консервацию систем хранения, слива-налива и испарения (газификации) СПГ.

В) На проектирование, монтаж, пусконаладочные работы, приемку, эксплуатацию, ликвидацию и консервацию площадок наполнения СПГ.

Г) На хранение и транспортирование баллонов со сжиженными природными газами.

7. Каким должно быть давление в газовых магистралях, подключаемых по входу и выходу комплексов СПГ, для осуществления комплексами СПГ технологического процесса сжижения природного газа?

А) По входу - газовая магистраль высокого давления, по выходу - магистраль низкого давления.

Б) По входу и выходу - газовая магистраль высокого давления.

В) По входу и выходу - газовая магистраль низкого давления.

Г) По входу - газовая магистраль низкого давления, по выходу - магистраль высокого давления.

8.Каким должно быть избыточное рабочее давление в паровой полости криогенных резервуаров хранения?

А) Не более 1,6 МПа.

Б) Не более 1,8 МПа.

В) Не более 2,2 МПа.

Г) Не более 2,5 МПа.

9.Какие из перечисленных документов не входят в состав перечня документации для комплексов СПГ?

А) Сертификаты на все виды оборудования.

Б) План локализации и ликвидации аварийной ситуации.

В) Производственные инструкции, составленные в соответствии с технологическими регламентом, и правил безопасности при производстве, хранении и выдаче сжиженного природного газа на ГРС.

Г) Протоколы проверки знаний руководителей и специалистов организации по охране труда и промышленной безопасности.

10.Для каких целей предназначены комплексы СПГ?

А) Для производства, хранения и реализации СПГ потребителю в автоцистерны.

Б) Для производства, хранения и реализации СПГ потребителю в железнодорожные цистерны.

В) Для производства, хранения и реализации СПГ потребителю в баллоны.

Г) Для производства, хранения и реализации СПГ потребителю в бочки.

11.Что из перечисленного должно входить в состав комплекса СПГ (укажите 3 правильных варианта ответа)?

А) Установка сжижения природного газа.

Б) Система дренажа и газосброса.

В) Система налива продукта и площадка налива.

Г) Площадка хранения обменных баллонов для сжиженного газа.

Правильный ответ А, Б и В

Правильный ответ А, В, Г

12.Каким должен быть объем технологических резервуаров комплексов СПГ?

А) Не должен превышать 50 м³.

Б) Не должен превышать 60 м³.

В) Не должен превышать 80 м³.

Г) Не должен превышать 100 м³.

13. Под каким давлением осуществляется долговременное хранение продукта в стационарных резервуарах систем хранения, выдачи и газификации сжиженных природных газов?

А) От 0,02 до 0,6 МПа.

Б) От 0,6 до 0,9 МПа.

В) От 0,9 до 1,3 МПа.

Г) От 1,3 до 1,6 МПа.

14. Под каким давлением могут находиться транспортные резервуары, предназначенные для доставки СПГ потребителю?

А) Под давлением до 1,6 МПа.

Б) Под давлением до 1,9 МПа.

В) Под давлением до 2,2 МПа.

Г) Под давлением до 2,5 МПа.

14. Какой из перечисленных зон территории комплекса СПГ не существует?

А) Производственной.

Б) Хранения СПГ.

В) Выдачи СПГ потребителю.

Г) Открытой стоянки незагруженных автоцистерн.

15. Как определяются безопасные расстояния до объектов?

А) До резервуара СПГ от центра резервуара.

Б) До автомобильных дорог - от оси проезжей части дороги.

В) До эстакад, технологических трубопроводов и до трубопроводов, проложенных без эстакад - от оси крайнего трубопровода.

Г) До железнодорожных путей - от края насыпи железнодорожного полотна.

16. Каким должно быть минимальное расстояние от криогенных резервуаров до ограждения территории комплекса СПГ?

А) Не менее 10 метров.

Б) Не менее 8 метров.

В) Не менее 6 метров.

Г) Не менее 3 метров.

17. Какие расстояния должны быть между открытыми технологическими блоками производственной зоны (блоками очистки, осушки, сжижения и др.)?

А) Не менее 4 метров.

Б) Не менее 3,5 метров.

В) Не менее 3 метров.

Г) Не менее 2,5 метров.

18.Какое минимальное расстояние должно быть между стенками резервуаров, входящих в состав систем хранения СПГ?

А) Не менее диаметра большего из имеющегося в группе резервуаров.

Б) Не менее высоты большего из имеющегося в группе резервуаров.

В) Не менее половины суммы диаметров большего и меньшего из имеющихся в группе резервуаров.

Г) Не менее половины суммы высот большего и меньшего из имеющихся в группе резервуаров.

19.Какая категория должна быть у автомобильной подъездной дороги обычного типа комплекса СПГ?

А) II категория.

Б) III категория.

В) IV категория.

Г) V категория.

20.На каком расстоянии от обваловки резервуаров на территории комплекса СПГ допускается посадка отдельных деревьев лиственных пород?

А) Не ближе 5 м.

Б) Не ближе 4 м.

В) Не ближе 3 м.

Г) Не ближе 2 м.

21.В течение какого времени должны сохранять конструктивную устойчивость ограждения (функциональную надежность) от теплового воздействия горящего в пределах ограждения разлитого СПГ?

А) В течение времени полного выгорания расчетного объема разлива СПГ, но не менее 1 часа.

Б) В течение времени полного выгорания расчетного объема разлива СПГ, но не менее 45 минут.

В) В течение времени полного выгорания расчетного объема разлива СПГ, но не менее 30 минут.

Г) В течение времени полного выгорания расчетного объема разлива СПГ, но

не менее 20 минут.

22.Какой должна быть высота защитного ограждения, ограничивающего площадь возможного аварийного разлива СПГ?

А) Должна не менее чем на 0,30 м превышать уровень жидкости, формирующийся при полном выливании СПГ из наибольшего резервуара.

Б) Должна не менее чем на 0,25 м превышать уровень жидкости, формирующийся при полном выливании СПГ из наибольшего резервуара.

В) Должна не менее чем на 0,20 м превышать уровень жидкости, формирующийся при полном выливании СПГ из наибольшего резервуара.

Г) Должна не менее чем на 0,10 м превышать уровень жидкости, формирующийся при полном выливании СПГ из наибольшего резервуара.

23.Что из перечисленного не соответствует требованиям к устройству площадки размещения внутри защитного ограждения резервуаров систем хранения СПГ?

А) Площадку внутри защитного ограждения следует планировать с уклоном не менее 1° от резервуара в сторону ограждения.

Б) Общий уклон площадки должен быть не менее 0,25° в сторону водосборника (приямка), организованного у подошвы защитного ограждения.

В) Водосборник должен быть оборудован съемным насосом для откачки дождевых и талых вод.

Г) Дополнительный отвод воды должен осуществляться с помощью сливных трубопроводов, проходящих сквозь защитное ограждение.

24.Какое из перечисленных требований к теплоизоляции оборудования и аппаратов, содержащих СПГ, является неверным?

А) Теплоизоляция должна обеспечить поддержание заданной температуры продукта.

Б) Теплоизоляция должна обеспечить предохранение обслуживающего персонала от обморожения при соприкосновении с холодными поверхностями.

В) Материалы для теплоизоляции должны быть стойкими по отношению к потоку воды при орошении (защите) от огня при пожаре.

Г) Температура внешней поверхности изоляции должна быть не ниже 10-15 °С при любой температуре окружающей среды.

25.Какая подготовка природного газа не проводится перед его подачей на блок сжижения?

А) Очистка от механических примесей.

Б) Очистка от углекислоты.

В) Осушка от влаги.

Г) Одорирование.

26. При какой температуре окружающего воздуха должна надежно и устойчиво работать установка сжижения природного газа?

А) От -40 до +40 °С.

Б) От -50 до +30 °С.

В) От -30 до +50 °С.

Г) От -30 до +30 °С.

27. Какими измерительными устройствами, установленными по месту, должен быть оснащен криогенный резервуар?

А) Измерения давления.

Б) Измерения температуры.

В) Измерения плотности.

28. На какую высоту должны быть выведены трубопроводы для отвода газа от предохранительных клапанов резервуаров и другого оборудования криогенной зоны комплекса СПГ?

А) На высоту, определяемую расчетом, но не менее 3,0 метров от настила обслуживающих площадок резервуара.

Б) На высоту, определяемую расчетом, но не менее 2,8 метра от настила обслуживающих площадок резервуара.

В) На высоту, определяемую расчетом, но не менее 2,5 метра от настила обслуживающих площадок резервуара.

Г) На высоту, определяемую расчетом, но не менее 2,2 метра от настила обслуживающих площадок резервуара.

29. Какие требования предъявляются к запорной арматуре для возможности отключения резервуаров-хранилищ от общих технологических коммуникаций и оперативного управления технологическими процессами на трубопроводах приема (выдачи) СПГ?

А) Отсекающую арматуру для резервуаров следует располагать за пределами защитного ограждения.

Б) Арматуру оперативного управления следует располагать в непосредственной близости от резервуаров.

В) Оперативная арматура должна иметь дублирующее ручное управление.

30. Какие боковые отводы трубопроводов комплекса СПГ не считаются тупиковыми?

А) Отводы независимо от их ориентации в пространстве длиной до трех диаметров трубы.

Б) Отводы длиной до пяти диаметров трубы - при вертикальном верхнем расположении тупикового

участка, перпендикулярного продуваемому участку трубы.

В) Отводы длиной до двадцати диаметров трубы - при вертикальном нижнем расположении тупикового участка, перпендикулярного продуваемому участку трубы.

31.Как проводится газоподготовка оборудования (за исключением криогенных резервуаров) и трубопроводов комплексов СПГ перед пуском в работу?

А) Продувкой природного газа под давлением не выше 0,10 МПа с целью вытеснения атмосферного воздуха.

Б) Продувкой природного газа под давлением не выше 0,12 МПа с целью вытеснения атмосферного воздуха.

В) Продувкой природного газа под давлением не выше 0,15 МПа с целью вытеснения атмосферного воздуха.

Г) Продувкой природного газа под давлением не выше 0,22 МПа с целью вытеснения атмосферного воздуха.

32.Какое объемное содержание кислорода должно быть в выходящем газе перед окончанием продувки комплекса СПГ?

А) Не выше 3,0% общего объема.

Б) Не выше 3,5% общего объема.

В) Не выше 3,8% общего объема.

Г) Не выше 4,2% общего объема.

33.Какой трубопровод не подводится к площадке налива комплекса СПГ при ГРС МГ?

А) Криогенный трубопровод подачи жидкого СПГ из системы хранения.

Б) Криогенный трубопровод сброса избытка паров СПГ из транспортного резервуара в систему газосброса при заправке из стационарного резервуара.

В) Криогенный трубопровод сброса избытка паров СПГ из заправочного трубопровода при его отогреве.

Г) Трубопровод отвода выхлопных газов автомобиля при осуществлении заправки СПГ в транспортную цистерну.

34.На каком расстоянии от колонок на подходящих к площадке налива трубопроводах жидкой и паровой фаз следует предусматривать отключающие устройства?

А) На расстоянии не менее 10 метров.

Б) На расстоянии не менее 8 метров.

В) На расстоянии не менее 5 метров.

Г) На расстоянии не менее 3 метров.

35.Какой должна быть температура сбрасываемых газов и паров на выходе из технологических систем комплекса СПГ, направляемых в общую систему газосброса организации?

А) Не выше +200 °С и не ниже - 100 °С.

Б) Не выше +180 °С и не ниже -120 °С.

В) Не выше +220 °С и не ниже -80 °С.

Г) Не выше +150 °С и не ниже -150 °С.

36.Какую объемную долю не должна превышать доля кислорода в продувочных и сбрасываемых газах?

А) 50% минимального взрывоопасного содержания кислорода.

Б) 60% минимального взрывоопасного содержания кислорода.

В) 70% минимального взрывоопасного содержания кислорода.

Г) 80% минимального взрывоопасного содержания кислорода.

37.Какой должна быть температура сбрасываемых газов в системах для сбросов "теплых" паров и газов?

А) От +200 °С до -100 °С.

Б) От +180 °С до -120 °С.

В) От +220 °С до -60 °С.

Г) От +250 °С до -40 °С.

38.Какой должна быть температура сбрасываемых газов в системах для сбросов "холодных" паров и газов?

А) От -100 °С до -166 °С.

Б) От -90 °С до -170 °С.

В) От -80 °С до -175 °С.

39.При какой плотности сбрасываемого газа сброс газа в атмосферу без дожигания не допускается?

А) При плотности более 0,8 по отношению к воздуху.

Б) При плотности 0,7 и более по отношению к воздуху.

В) При плотности 0,6 и более по отношению к воздуху.

Г) При плотности 0,5 и более по отношению к воздуху.

40.Какие потери давления допускаются в трубопроводе от технологического блока установки СПГ до верха ствола свечи при максимальном аварийном сбросе?

А) Не должны превышать 0,10 МПа.

Б) Не должны превышать 0,15 МПа.

В) Не должны превышать 0,20 МПа.

Г) Не должны превышать 0,25 МПа.

41.Что из перечисленного не соответствует требованиям к прокладке газопроводов по территории комплекса СПГ?

А) Прокладку газопроводов по территории комплекса следует предусматривать надземной на опорах из негорючих материалов высотой не менее 0,5 метра от уровня земли.

Б) Допускается прокладка газопроводов по наружным стенам (кроме стен из панелей с

металлическими обшивками и полимерным утеплителем) зданий комплекса на расстоянии 0,5 метра выше или ниже оконных проемов.

В) Допускается прокладка газопроводов по наружным стенам (кроме стен из панелей с металлическими обшивками и полимерным утеплителем) зданий комплекса на расстоянии 0,5 метра выше дверных проемов.

Г) Фланцевые и резьбовые соединения допускается размещать над и под проемами, запорную арматуру - только под оконными проемами.

42. Какие из перечисленных приборов не должны устанавливаться на пульте управления комплекса?

А) Приборы для измерения содержания влаги и двуокиси углерода в газе, подаваемом на установку сжижения.

Б) Приборы для измерения компонентного состава СПГ, подаваемого на колонку налива.

В) Приборы для измерения температуры, давления и расхода газа в установках сжижения газа.

Г) Приборы для измерения плотности СПГ в криогенных резервуарах.

43. При каком устойчивом отклонении (более 1 мин) давления в выходной магистрали комплекса СПГ должна сработать технологическая блокировка на отключение?

А) При отклонении более чем на 10% от заданного.

Б) При отклонении на 8% и более от заданного.

В) При отклонении на 6% и более от заданного.

Г) При отклонении на 4% и более от заданного.

44. При каком падении температуры возвращаемого в магистраль низкого давления газа комплекса СПГ должна сработать технологическая блокировка на отключение?

А) При падении температуры ниже -10 °С.

Б) При падении температуры от -8°С и ниже.

В) При падении температуры от -6°С и ниже.

Г) При падении температуры от -4°С и ниже.

45. Какой воздухообмен должна обеспечивать приточно-вытяжная вентиляция электропомещений комплекса СПГ?

А) Не менее 8 объемов помещения в час.

Б) Не менее 6 объемов помещения в час.

В) Не менее 4 объемов помещения в час.

Г) Не менее 2 объемов помещения в час.

46. Какая организация должна обеспечивать периодическое патрулирование линейных сооружений ОПО МТ в целях контроля трассы и прилегающей территории, выявления факторов, создающих угрозу надежности и безопасности эксплуатации?

А) Эксплуатирующая организация.

Б) Проектная организация.

В) Строительная организация.

Г) Ремонтная организация.

Д) Противофонтанная служба.

47. Что не наносится на таблички трубопроводов комплекса СПГ?

А) Рабочее давление.

Б) Диаметр трубопровода.

В) Номер трубопровода по технологической схеме.

Г) Дата проведенных испытаний на прочность и герметичность.

48. С какой целью не осуществляется отопев систем хранения комплексов СПГ?

А) Для обеспечения возможности проведения контроля накопления и удаления примесей.

Б) Для ремонта резервуаров систем хранения.

В) Для технического освидетельствования.

Г) Для увеличения подачи жидкого СПГ в систему налива.

В какой документ должны быть занесены результаты анализов газовой среды в резервуарах комплексов СПГ после отогрева и продувки?

А) В рабочий журнал резервуаров.

Б) В журнал передачи смен.

В) В ремонтный журнал.

Г) В акт замера газовой среды.

49. Что из перечисленного не должна обеспечивать система контроля за распространением газа в объекте хранения на период создания ОПО ПХГ?

А) Контроль за распространением газа в объекте хранения.

Б) Контроль газонасыщенности в различных участках объекта хранения.

В) Контроль содержания метана в атмосфере.

Г) Контроль герметичности объекта хранения.

50. Как называются ПХГ, предназначенные для обеспечения сезонной (несколько месяцев) неравномерности газопотребления, со стабильными режимами газопотребления в сезоне отбора газа?

А) Базисные ПХГ.

Б) Пиковые ПХГ.

В) Газгольдерные ПХГ.

Г) Стратегические ПХГ.

51. Как называются ПХГ, предназначенные для обеспечения кратковременной (несколько суток) неравномерности газопотребления, характеризующейся кратковременными закачками газа в сезоне отбора?

А) Базисные ПХГ.

Б) Пиковые ПХГ.

В) Газгольдерные ПХГ.

Г) Стратегические ПХГ.

51. В каких случаях применяются Правила безопасности подземных хранилищ газа?

А) Только при разработке технологических процессов, связанных с проектированием, строительством, реконструкцией ОПО ПХГ.

Б) Только при проведении экспертизы промышленной безопасности деклараций промышленной безопасности ОПО ПХГ.

В) Только при проведении экспертизы промышленной безопасности документации на техническое перевооружение, консервацию, ликвидацию опасного производственного объекта, технических устройств, зданий и сооружений.

Г) Только при эксплуатации, техническом перевооружении, капитальном ремонте, консервации и ликвидации ОПО ПХГ.

Д) Во всех перечисленных случаях.

52. Что следует предусматривать в технологическом проекте на создание и эксплуатацию ОПО ПХГ?

А) Оценку суточной производительности эксплуатационных скважин.

Б) Мероприятия по контролю герметичности объекта хранения в процессе строительства и эксплуатации ОПО ПХГ.

В) Обоснование суточных темпов закачки и отбора газа.

Г) Оценку готовности объекта к локализации и ликвидации чрезвычайных ситуаций, проведенную территориальным органом Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий.

53. Какое условие не является обязательным для установления режима эксплуатации ОПО ПХГ согласно Правилам безопасности подземных хранилищ газа?

А) Предупреждение образования гидратов и солей в призабойной зоне пласта, колоннах лифтовых труб, трубопроводах, наземном оборудовании.

Б) Предупреждение преждевременного износа скважинного оборудования, трубопроводов, наземного оборудования вследствие наличия в продукции скважин механических примесей и коррозионно-активных компонентов.

В) Сохранение фильтрационно-емкостных свойств и производительности объекта хранения.

Г) Установление автоматического газоанализатора на наземном оборудовании ОПО ПХГ.

Д) Предупреждение нарушения герметичности объекта хранения.

54. Как часто проводят замер расхода закачиваемого (отбираемого) газа на пункте замера расхода газа газохранилища?

А) Ежедневно.

Б) Еженедельно.

В) Ежегодно.

Г) Ежемесячно.

55.Каким образом проводится контроль за расходом закачиваемого (отбираемого) газа при наличии нескольких газосборных пунктов?

А) Контроль проводится только на одном из пунктов (по выбору эксплуатирующей организации).

Б) Контроль проводится на каждом пункте.

В) Контроль проводится только на главном пункте.

Г) Контроль за расходом закачиваемого газа при наличии нескольких газосборных пунктов Правилами не регламентируется.

56.Кто осуществляет контроль показателей качества товарного газа путем определения физико-химического состава, удельного веса, калорийности, точки росы при эксплуатации ОПО ПХГ?

А) Соответствующая служба ОПО ПХГ.

Б) Проектная организация.

В) Специализированная организация, подведомственная Ростехнадзору.

Г) Все перечисленные организации.

Перечень вопросов для текущего контроля на 6-й семестр по дисциплине «Транспорт и хранение сжиженных газов»

1 Основные понятия о СУГ.

2 Источники получения СУГ.

3 Состав сжиженных углеводородных газов.

4 Свойства СУГ. Смеси газов.

5 Диаграмма состояния индивидуальных углеводородов.

6 Общие сведения о СУГ, составы, термодинамические, физико-химические параметры.

7 Виды транспорта. Перевозка СУГ в железнодорожных цистернах, общие понятия, нормативная база.

8 Типы цистерн, конструкция, оборудование, номенклатура.

9 Слив и налив ж/д цистерн.

10 Автомобильный транспорт СУГ. Перевозка СУГ в автоцистернах, общие понятия, нормативная база.

11 Водный транспорт СУГ. Танкеры для перевозки СУГ общие понятия, нормативная база.

12 Трубопроводный транспорт СУГ.

13 Гидравлический расчет трубопроводов сжиженного газа.

14 Общие вопросы хранения СУГ. Определение нормативная база.

15 Хранение СУГ под повышенным давлением, конструкция резервуаров.

Перечень вопросов для проведения промежуточной аттестации

Перечень вопросов для бально-рейтингового контроля (БРК) на 6-й семестр по дисциплине «Транспорт и хранение сжиженных газов»

- 1 Основные понятия о СУГ.
- 2 Источники получения СУГ.
- 3 Состав сжиженных углеводородных газов.
- 4 Свойства СУГ. Смеси газов.
- 5 Диаграмма состояния индивидуальных углеводородов.
- 6 Общие сведения о СУГ, составы, термодинамические, физико-химические параметры.
- 7 Виды транспорта. Перевозка СУГ в железнодорожных цистернах, общие понятия, нормативная база.
- 8 Типы цистерн, конструкция, оборудование, номенклатура.
- 9 Слив и налив ж/д цистерн.
- 10 Автомобильный транспорт СУГ. Перевозка СУГ в автоцистернах, общие понятия, нормативная база.
- 11 Водный транспорт СУГ. Танкеры для перевозки СУГ общие понятия, нормативная база.
- 12 Трубопроводный транспорт СУГ.
- 13 Гидравлический расчет трубопроводов сжиженного газа.
- 14 Общие вопросы хранения СУГ. Определение нормативная база.
- 15 Хранение СУГ под повышенным давлением, конструкция резервуаров.
- 16 Низкотемпературное хранение СУГ, конструкция резервуаров.
- 17 Хранение СУГ с использованием естественных возможностей.
- 18 Задачи технологического расчета изотермических хранилищ.
- 19 Техничко-экономические показатели хранилищ.
- 20 Устройство кустовой базы СУГ, назначение и организационная структура.
- 21 Назначение и организационная структура кустовой базы газонаполнительные станции.

- 22 Назначение и организационная структура газонаполнительные пункты, промежуточные склады баллонов.
- 23 Назначение и организационная структура автомобильные газозаправочные станции. Принцип работы.
- 24 Методы перемещения СУГ.
- 25 Эксплуатация КБ и ГНС.
- 26 Технологический расчет кустовых баз и газонаполнительных станций.
- 27 Резервуарные и баллонные установки газоснабжения.
- 28 Естественная и искусственная регазификация.
- 29 Устройства, оборудование для регазификации.
- 30.Снабжения потребителей пропан-бутановоздушными смесями. Физико-химические характеристики смесей
- 31.Определение объемов хранилищ СУГ
- 32.Основные способы хранения СУГ
- 33.Хранение СУГ под давлением в металлических резервуарах
- 34.Шахтные хранилища СУГ
- 35.Подземные хранилища СУГ
- 36.Изотермическое хранение СУГ

Примеры контрольных заданий по дисциплине

«Транспорт и хранение сжиженных газов»

Задача №1

Известно, температура t сжиженного газа в резервуаре.

Определить:

1. Упругость насыщенных паров
2. Скрытую теплоту испарения сжиженного газа
3. Удельный объем и плотность жидкой и паровой фазы

Задача №2

Имеется сжиженный газ, весовой состав паровой фазы которого равен: этана – y_1 ; этилена – y_2 ; пропана – y_3 ; пропилена – y_4 .

Необходимо:

1. пересчитать весовой состав газа в объемный (молярный);

2. определить;
- 2.1 среднее значение молекулярной массы;
- 2.2 среднюю плотность газовой смеси;
- 2.3 псевдокритическую температуру и давление;
- 2.4 газовую постоянную этой смеси;
- 2.5 состав жидкой равновесной фазы сжиженного газа.

Задача №3

Рассмотрим методику расчета состава паровой фазы по известному составу жидкой фазы.

Жидкая смесь с мольным составом пропана — V_1 ; пропилена - V_2 ; бутана - V_3 ; была залита в резервуар, в котором превратилась в двухфазную систему. После того как установилось термодинамическое равновесие, температура и давление двухфазной системы стали равны $t, ^\circ\text{C}$, p , МПа

Типовое решение задачи №2

1. Свойства СУГ

Пример 1. Имеется сжиженный газ, весовой состав паровой фазы которого равен: этана C_2H_6 — 2,1%; этилена C_2H_4 — 1,5%; пропана C_3H_8 — 64,4%; пропилена C_3H_6 — 4,8%; н- бутана C_4H_{10} — 22%; изо-бутилена C_4H_8 — 5,2%.

Необходимо:

- а) пересчитать весовой состав газа в объемный (молярный);
- б) определить;
 - 1) среднее значение молекулярной массы;
 - 2) среднюю плотность газовой смеси;
 - 3) псевдокритическую температуру и давление;
 - 4) газовую постоянную этой смеси;
- 4) состав жидкой равновесной фазы сжиженного газа.

Решение

Введем обозначения

w_i — весовые (массовые) доли [весовой %], расчетная формула, где m — масса данной компоненты и всей смеси;

v_i — объемные (молярные) доли [объемные %].

Объемная доля газовой смеси при нормальных условиях равна его молярной концентрации (- молярные доли).

Найдем связь между массовыми и молярными процентами.

Воспользуемся формулой , где n_i – количество вещества для данной компоненты и n для всей смеси. Воспользовавшись формулой для количества вещества , M_i - молярная масса данной компоненты и свойством аддитивности массы и количества вещества, получим

а) Перерасчет весового состава паровой фазы в молярный производится:

- молярная масса M_i = г/моль

Таким образом, состав паровой фазы в объемах (молярных) процентах и объемных долях будет равен:

$=3,18 (0,032); =2,44 (0,024); =67,35 (0,674);$

$=5,25 (0,052); =17,5 (0,175); =4,28 (0,043);$

б)

1) Средняя молекулярная масса газовой смеси

2) Средняя плотность газовой смеси при нормальных условиях:

а) по закону Авогадро

Закон Авогадро

Равные объемы различных газов при одинаковой температуре, и давлении прямо пропорциональны их молекулярным весам, т.е.

поскольку

Равные объемы различных газов при одинаковой температуре, и давлении содержат равное число молекул. Это число для одной моль любого газа составляет $N = 6,025 \cdot 10^{23}$ и называется числом Авогадро. Из этого следует, что при определенной температуре и давлении г/моль любого газа будет занимать почти один и тот же объем, равный частному от деления веса одной г/моль на вес 1 м³ газа. При 0°C $P = 1.01 \cdot 10^5$ Па, $MV = 22,4$ м³

Закон Авогадро позволяет определить плотность любого газа при нормальных условиях по молекулярному весу, кг/нм³

и относительный удельный вес по воздуху

где M - молекулярный вес газа, кг;

- молекулярный объем газа, нм³/моль.

б) по правилу смешения

$$= y_1 \rho_1 + y_2 \rho_2 + \dots + y_n \rho_n = 0,021 \cdot 1,35 + 0,015 \cdot 1,29 + 0,644 \cdot 2,01 + 0,048 \cdot 1,88 + 0,22 \cdot 2,695 + 0,052 \cdot 2,596 = 2,1 \text{ кг/м}^3$$

где $\rho_1, \rho_2 \dots \rho_n$ - плотность насыщенных паров компонентов сжиженного газа при температуре 0 °С.

3) Точка «К» - критические состояния данного углеводорода по критическому давлению и критической температуре. Температура, выше которой данный газ не может быть сжижен ни каким повышением давления, называется критической температурой данного газа. Давление, необходимое для сжижения при этой критической температуре, называется критическим давлением.

Псевдокритическая (среднекритическая) температура смеси

$$T_{кр.} = y_1 T_{кр.1} + y_2 T_{кр.2} + \dots + y_n T_{кр.n} = 0,021 \cdot 305,6 + 0,015 \cdot 282,4 + 0,644 \cdot 307,0 + 0,048 \cdot 364,4 + 0,22 \cdot 426,0 + 0,052 \cdot 419,8 = 381,7 \text{ °К}$$

$T_{кр.}$ - критическая температура для каждого газа, К

Среднекритическое (псевдокритическое) давление

$$P_{кр.} = y_1 P_{кр.1} + y_2 P_{кр.2} + \dots + y_n P_{кр.n} = 0,021 \cdot 49,8 + 0,015 \cdot 50,8 + 0,644 \cdot 43,4 + 0,048 \cdot 46,9 + 0,22 \cdot 37,2 + 0,052 \cdot 39,5 = 42,5 \text{ кг/см}^2, \text{ или } 4,17 \text{ МПа.}$$

$P_{кр.}$ - критическое давление для каждого газа, МПа

4) Удельная газовая постоянная газовой смеси заданного выше состава может быть определена по правилу смешения

$$R_{см.} = y_1 R_1 + y_2 R_2 + \dots + y_n R_n =$$

где R_1, R_2, \dots, R_n - удельные газовые постоянные компонентов, входящих в газовую смесь.

$$R_{см.} = 0,021 \cdot 28,12 + 0,015 \cdot 30,25 + 0,644 \cdot 19,24 + 0,048 \cdot 20,16 + 0,22 \cdot 14,59 + 0,052 \cdot 15,11 = 18,68 \text{ кГм/кг} \cdot \text{град}, \text{ или } 183,1 \text{ Дж/кг} \cdot \text{К.}$$

R_i - газовая постоянная компоненты, Дж/кг·К

5) Состав жидкой фазы сжиженного газа определяется в следующей последовательности.

а) Определяем общее давление равновесной системы пар-жидкость.

Воспользуемся законом Рауля

Все сжиженные углеводородные газы взаимно растворимы друг в друге, поэтому к ним при невысоких давлениях с достаточной для практики

точностью применим закон Рауля.

Парциальное давление p_i любого компонента в жидкой смеси равно молекулярной концентрации его в жидкой фазе x_i , умноженной на упругость его паров i в чистом виде при данной температуре, т.е.

$$p_i = x_i \cdot p_i^*$$

Общее давление или упругость паров жидкости p состоящей из нескольких компонентов, равна сумме парциальных давлений этих компонентов, согласно закону Дальтона.

$$p = p_1 + p_2 + \dots + p_n,$$

$$p_i = y_i p$$

где p - общее давление равновесной системы пар-жидкость.

Согласно объединенному уравнению законов Рауля и Дальтона

$$y_i p = x_i \cdot p_i^*$$

концентрация компонента в жидкой фазе будет

Так как состав жидкой фазы равен

$$x_1 + x_2 + \dots + x_n = 1$$

то из предыдущих двух уравнений можно записать

откуда общее давление системы пар-жидкость равно

где $p_1^*, p_2^*, \dots, p_n^*$ – упругость компонентов газовой смеси в чистом виде берутся из справочных таблиц.

единицы и процентах:

Таким образом, состав жидкой фазы в процентах и долях единицы равен:

$$C_2H_6 = 0,23 (0,0023); C_2H_4 = 0,10 (0,001);$$

$$C_3H_8 = 35,47 (0,3547); C_3H_6 = 2,14 (0,0214);$$

$$C_4H_{10} = 51,48 (0,5148); C_4H_8 = 10,58 (0,1058);$$

7.4

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков, и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

