

**ЭКСПЛУАТАЦИЯ
ОБОРУДОВАНИЯ
И ОБЪЕКТОВ
ГАЗОВОЙ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

«Инфра-Инженерия»



**БИБЛИОТЕКА НЕФТЕГАЗОДОБЫТЧИКА
И ЕГО ПОДРЯДЧИКОВ (SERVICE)**

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ОБОРУДОВАНИЯ И ОБЪЕКТОВ ГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

***(Справочник мастера по эксплуатации
оборудования газовых объектов)***

том I

*Допущено учебно-методическим объединением вузов
Российской Федерации по высшему нефтегазовому
образованию (УМО НГО) в качестве учебного пособия
для студентов нефтегазового профиля*

**Инфра-Инженерия
Москва
2016**

УДК 622.691

319

Общая редакция:

Земенков Ю.Д., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Проектирование и эксплуатация нефтегазопроводов и хранилищ»

Авторский коллектив:

Васильев Г.Г., Гульков А.Н., Земенков Ю.Д., Прохоров А.Д., Шабаров А.Б., Бахмат Г.В., Торопов А.Ю., Зубарев В.Г., Перовошиков С.И., Дудин С.М., Кутузова Т.Т., Ерошкина И.И., Шиповалов А.Н.

Рецензенты:

Малюшин Н.А., президент института ОАО «Нефтегазпроект», академик АН, Заслуженный строитель РФ, д.т.н., профессор;

Кусков В.Н., д.т.н., профессор кафедры «Сооружение и ремонт нефтегазовых объектов» ТюмГНГУ.

Эксплуатация оборудования и объектов газовой промышленности в 2-х томах. – М.: «Инфра-Инженерия», 2016. – 1216 с.

(Т1608 с. + Т2608 с.)

В первом томе приведены основные сведения о физико-химических свойствах газа. Дана информация о промысловых объектах добычи газа. Изложены теоретические основы транспорта, хранения и распределения природного газа. Уделено внимание автоматическим системам управления. Широко освещены вопросы эксплуатации газораспределительных сетей и газохранилищ. Рассмотрены транспорт, хранение, распределение и использование сжиженных газов в основных производственных процессах, для коммунально-бытовых целей и в сельском хозяйстве. Освещаются вопросы определения качества сжиженных газов и особенности эксплуатации резервуаров для хранения сжиженных газов. Установлены сферы оптимального применения сжиженных газов, намечены пути повышения эффективности их использования.

Во втором томе обобщен и систематизирован большой объем технологических характеристик основного и вспомогательного оборудования газового хозяйства.

Данное учебное пособие предназначено для инженерно-технических работников, аспирантов, студентов высших и средних специальных учебных заведений, а так же для слушателей курсов повышения квалификации нефтегазового профиля.

© Коллектив авторов, 2016

© Издательство «Инфра-Инженерия», 2016

ISBN 978-5-9729-0014-5

ISBN 978-5-9729-0015-2

СОДЕРЖАНИЕ

1. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПРИРОДНЫХ ГАЗОВ

1.1. Состав и физические свойства природных газов.....	10
1.2. Теплотехнические свойства нефтепродуктов и газа	14
1.3. Законы идеального газа	15
1.4. Критические и приведенные параметры газов	22
1.5. Отклонение реальных газов от идеального газа	23
1.6. Требования к качеству товарного газа	25
1.7. Кристаллогидраты природных газов	27
1.8. Фазовые состояния углеводородных систем при изменении давления и температуры	28
1.9. Опасные свойства природных газов и жидких УВ.....	29

2. ПРОМЫСЛОВЫЕ ОБЪЕКТЫ ДОБЫЧИ ГАЗА

2.1. Технологические схемы газосборных сетей УКПГ.....	35
2.2. Промысловые дожимные компрессорные станции	37
2.3. Подготовка природного газа	39
2.3.1. Основные процессы и технологические схемы	39
2.3.2. Абсорбционная осушка газа	39
2.3.3. Адсорбционная осушка газов	42
2.3.4. Очистка природного газа от сероводорода и углекислого газа.....	43
2.3.5. Предупреждение гидратообразования.....	44
2.3.6. Очистка газов от механических примесей	46
2.4. Подготовка и транспортирование углеводородного сырья	47

3. МАГИСТРАЛЬНЫЕ ГАЗОПРОВОДЫ

3.1. Классификация трубопроводов.....	50
3.2. Основные и вспомогательные сооружения магистральных трубопроводов	52
3.3. Развитие современных МГ	54
3.4. Технологическая схема МГ	56
3.5. Пропускная способность МГ.....	56
3.6. Определение коэффициента гидравлического сопротивления λ	58
3.7. Определение среднего давления P_{cp}	59
3.8. Определение средней температуры T_{cp}	60
3.9. Физические свойства газа.....	62
3.10. Расчет сложных газопроводов.....	62
3.11. Оценка конструктивной надежности трубопровода	63
3.12. Нагрузки и воздействия на магистральном газопроводе	67

3.13. Расчет несущей способности трубопровода	71
3.14. Технология сооружения подземных трубопроводов в нормальных условиях	73
3.15. Особенности строительства трубопроводов в условиях болот. Закрепление газопроводов на болотах	76
3.16. Очистка внутренней полости и испытание магистральных газопроводов на прочность и герметичность	79
3.17. Подводные переходы газопроводов	80
3.18. Надземные трубопроводы	85
3.19. Назначение и устройство технологических трубопроводов	89
3.19.1. Назначение и состав трубопроводов	89
3.19.2. Условные проходы	90
3.19.3. Классификация трубопроводов	91
3.20. Устойчивость подземных трубопроводов	93
3.20.1. Формы потери устойчивости	93
3.20.2. Проверка общей устойчивости подземных трубопроводов в продольном направлении	95
3.20.3. Расчеты продольных перемещений подземных трубопроводов	98
3.21. Проверка общей устойчивости наземных трубопроводов в насыпи	103
3.22. Нагрузки и воздействия на магистральный трубопровод	107
3.23. Проверочные расчёты несущей способности трубопровода	109
3.24. Виды и классификация отказов линейной части трубопроводов	112
3.25. Средства технической диагностики состояния стенки трубопровода	114
3.26. Методы контроля коррозионного состояния газопроводов	119
3.26.1. Метод магнитной дефектоскопии	119
3.26.2. Ультразвуковой метод контроля	124
3.26.3. Радиографический метод контроля	130
3.26.4. Бесконтактный метод контроля	135
3.27. Методы ремонта дефектных труб газопроводов	141
3.27.1. Ремонт свищевых повреждений	141
3.27.2. Ремонт с применением сварки	149
3.27.3. Бандажирование труб	159
3.28. Последовательность и виды работ при ликвидации аварий	161
3.29. Организация аварийно-восстановительной службы на МГ и МК	162
3.30. Противокоррозионная защита	162
3.30.1. Расчет основных параметров катодной защиты	164
3.30.2. Расчет основных параметров протекторной защиты	175
3.30.3. Расчет основных параметров электродренажной защиты	179

4. КОМПРЕССОРНЫЕ СТАНЦИИ МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ

4.1. Технологические схемы компрессорных станций с центробежными нагнетателями	181
4.2. Технологические схемы компрессорных цехов КС магистральных газопроводов	186

4.2.1. Компрессорный цех	186
4.2.2. Обязка неполнонапорных нагнетателей по типовой смешанной схеме соединения	187
4.2.3. Обязка неполнонапорных нагнетателей по коллекторной схеме соединения	190
4.2.4. Обязка полнонапорных нагнетателей	192
4.3. Газотурбинные установки газоперекачивающих агрегатов КС	193
4.3.1. Диагностика технического состояния ГТУ по термодинамическим параметрам	193
4.3.2. Особенности и тенденция развития газотурбинных установок компрессорных станций	205
4.4. Объекты общего назначения	210
4.4.1. Территория, здания и сооружения	210
4.4.2. Газопроводы	214
4.4.3. Трубопроводная арматура	215
4.4.4. Водоснабжение, канализация, теплоснабжение, вентиляция, газоснабжение	217
4.4.5. Обеспечение охраны объектов и сооружений	220
4.5. Назначение и средства систем охлаждения	221
4.6. Технические характеристики эксплуатирующихся систем охлаждения газа	221
4.7. Особенности теплового и гидравлического расчёта	227
4.7.1. Тепловой расчёт	227
4.8. Результаты расчетов АВО для охлаждения газа	231
4.9. Оптимизация работы аппаратов воздушного охлаждения газа на КС магистральных газопроводов	234
4.9.1. Анализ работы вентиляторов АВО газа на компрессорной станции 235	
4.9.1.1. Расчет оптимального количества работающих вентиляторов АВО газа	235
4.9.1.2. Расчет эффективности теплопередачи	238
4.9.1.3. Расчет температуры газа за АВО	239
4.9.1.4. Перерасход энергоресурсов из-за несоблюдения оптимального режима охлаждения газа в АВО	241
4.9.2. Пример расчета оптимизации работы вентиляторов АВО газа на компрессорной станции	241
4.9.2.1. Расчет оптимального количества работающих вентиляторов АВО газа	241
4.9.2.2. Расчет эффективности теплопередачи	243
4.9.2.3. Расчет температуры газа за АВО	244
4.9.2.4. Перерасход энергоресурсов из-за несоблюдения оптимального режима охлаждения газа в АВО	245

5. СИСТЕМЫ И СРЕДСТВА ИНФОРМАТИЗАЦИИ, АВТОМАТИЗАЦИИ, УПРАВЛЕНИЯ, ТЕЛЕМЕХАНИЗАЦИИ И СВЯЗИ

5.1. Общие сведения о системах управления и связи.....	246
5.2. Организация эксплуатации.....	253
5.3 Техническое обслуживание и ремонт.....	259
5.4. Метрологическое обеспечение.....	262
5.5. Технологическая связь.....	266
5.6. Газоизмерительные станции.....	268
5.7. Телемеханика.....	271
5.8. Техническая документация.....	274

6. ОПЕРАТИВНО-ДИСПЕТЧЕРСКИЕ РАСЧЁТЫ РЕЖИМОВ РАБОТЫ МГ И КС

6.1. Практическое использование расчётных формул по определению эквивалентного диаметра сложных участков МГ.....	279
6.1.1. Исходные данные.....	279
6.1.2. Определение эквивалентного диаметра для последовательного соединения участков на резервной нитке.....	279
6.1.3. Определение эквивалентного диаметра для параллельного соединения участков на основной и резервной нитках.....	280
6.1.4. Определение эквивалентного диаметра для последовательного соединения всех участков системы.....	280
6.2. Определение показателей технического состояния линейной части МГ и интенсивности использования оборудования КС.....	280
6.2.1. Определение коэффициента гидравлической эффективности работы участка МГ.....	280
6.2.2. Определение интенсивности использования оборудования КС.....	285
6.3. Определение показателя экстенсивности использования ГПА по времени.....	287
6.4. Оценка вероятности гидратообразования на участке МГ.....	288
6.5. Построение кривой влагосодержания насыщенного газа.....	291

7. ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ СЕТИ И ГАЗОХРАНИЛИЩА

7.1. Классификация газопроводов.....	293
7.2. Системы газоснабжения.....	296
7.3. Годовое потребление газа.....	298
7.4. Режимы потребления газа.....	303
7.5. Основные уравнения, описывающие движение газа в трубах.....	309
7.6. Расчет разветвленных распределительных газопроводов высокого и среднего давления.....	311
7.7. Расчет кольцевых газовых сетей высокого и среднего давления.....	313

7.8. Расчет разветвления распределительных газопроводов низкого давления	315
7.9. Расчет кольцевых газовых сетей низкого давления	317
7.10. Генплан и технологические схемы ГРС	319
7.11. Выбор типа регуляторов давлений	326
7.12. Устройства для очистки газа	326
7.13. Подогрев газа	333
7.14. Одоризация газа	337
7.15. Предохранительные устройства	340
7.16. Автоматизированные ГРС	342
7.17. Газорегуляторные пункты (ГРП)	349
7.18. Регулирование давления на ГРС и ГРП	360
7.19. Принципиальное устройство регуляторов давления	362
7.20. Системы автоматического управления и контроля городскими газовыми сетями	368
7.21. Оборудование ГРП, ГРПБ, ШРП и ГРУ	373
7.22. Методы компенсации сезонных, суточных и часовых пиков потребления газа	375
7.23. Газгольдеры	376
7.24. Аккумулирующая способность магистрального газопровода	378
7.25. Подземное хранение газа в истощенных или частично выработанных газовых и газоконденсатных месторождениях	379
7.26. Технологические схемы подземного хранилища газа в водоносных пластах	382
7.27. Технико-экономические показатели хранения газа	384

8. ОБЪЕКТЫ ТРАНСПОРТА, ХРАНЕНИЯ И РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СЖИЖЕННЫХ УГЛЕВОДОРОДНЫХ ГАЗОВ

8.1. Основные компоненты сжиженных углеводородных газов	387
8.2. Требования, предъявляемые к сжиженным углеводородным газам	388
8.3. Давление	389
8.4. Температура	390
8.5. Объем, масса, плотность, удельный объем	391
8.6. Вязкость	395
8.7. Давление насыщенных паров	396
8.8. Теплопроводность	402
8.9. Теплоемкость	403
8.10. Скрытая теплота превращений	408
8.11. Внутренняя энергия, энтальпия, энтропия	412
8.12. Диаграмма состояния	415
8.13. Методы и приборы определения качества сжиженных углеводородных газов	418
8.14. Определение плотности сжиженных газов	419
8.15. Определение давления паров сжиженных газов	421

8.16. Транспорт сжиженных углеводородных газов	426
8.17. Перевозка сжиженных газов по железным дорогам.....	428
8.17.1. Конструкция и техническая характеристика цистерн	428
8.17.2. Перевозка сжиженных газов по железным дорогам в крытых вагонах	433
8.18. Перевозка сжиженного газа автотранспортом.....	435
8.18.1. Перевозка сжиженных углеводородных газов в автоцистернах	439
8.19. Перевозка сжиженных углеводородных газов водным путем	442
8.19.1. Перевозка сжиженных углеводородных газов по морю	442
8.19.2. Перевозка сжиженных газов речным транспортом.....	444
8.20. Перевозка сжиженных углеводородных газов авиатранспортом.....	450
8.21. Транспортировка сжиженных углеводородных газов по трубопроводам	452
8.22. Способы хранения сжиженных углеводородных газов	456
8.22.1. Хранение при переменной температуре и высоком давлении.....	457
8.22.2. Хранение при постоянной температуре и низком давлении	457
8.23. Резервуары для хранения сжиженных углеводородных газов под давлением.....	461
8.23.1. Хранение сжиженных газов в стальных резервуарах под давлением.....	461
8.23.2. Подземные хранилища шахтного типа.....	467
8.23.3. Подземные хранилища в отложениях каменной соли.....	469
8.24. Эксплуатация подземных хранилищ в отложениях каменной соли	470
8.25. Низкотемпературное хранение сжиженных газов в наземных резервуарах	473
8.25.1. Конструкции низкотемпературных резервуаров	479
8.25.2. Низкотемпературное хранение сжиженных газов подземных ледопородных резервуарах.....	479
8.26. Техническая и экономическая оценки существующих способов хранения сжиженных углеводородных газов	481
8.27. Назначение и размещение газонаполнительных станций сжиженных углеводородных газов.....	484
8.28. Схемы и устройства ГНС сжиженных газов	490
8.29. Типовые ГНС сжиженных газов	507
8.30. Автоматизация и механизация процессов налива, слива и транспортировки баллонов.....	515
8.31. Характеристики насосов и компрессоров	530
8.32. Использование сжиженных углеводородных газов в коммунально-бытовой газификации	546
8.32.1. Общие положения. Удельные расходы газа.....	546
8.32.2. Бытовые газобаллонные установки	549
8.32.3. Укрупненные установки с централизованным распределением (групповые установки).....	554
8.32.4. Бытовые газовые приборы.....	559
8.32.5. Газовые горелки инфракрасного излучения.....	568

8.33. Использование сжиженных углеводородных газов в промышленности и транспорте	573
8.33.1. Общие сведения	573
8.33.2. Резка и сварка металлов	573
8.33.3. Металлизация при помощи сжиженных газов	574
8.33.4. Нагрев и плавление сжиженным газом	575
8.33.5. Цементация стали при помощи сжиженных газов	577
8.33.6. Использование сжиженных углеводородных газов для получения защитной атмосферы	579
8.33.7. Применение сжиженных газов в стекольном производстве	579
8.33.8. Применение сжиженных газов для обогрева двигателей автомашин в зимнее время	580
8.33.9. Применение сжиженных газов для обогрева железнодорожных стрелок в зимнее время	582
8.33.10. Применение сжиженных газов для растопки тепловозов	585
8.33.11. Применение сжиженных газов в пассажирских поездах	586
8.33.12. Применение сжиженных газов для размораживания сыпучих грузов в вагонах	588
8.34. Использование сжиженных углеводородных газов в сельском хозяйстве	588
8.34.1. Применение сжиженных газов в теплицах	588
8.34.2. Выжигание сорняков при помощи сжиженных газов	590