СОДЕРЖАНИЕ

Введение 7

1 Энергетическая стратегия России 7
1.1 Основные направления ресурсо- и энергосбережения в нефтегазовой отрасли 12
1.2 Перспективы развития газотурбинного привода для компрессорных агрегатов 18
1.3 Перспективы развития отраслевой энергетики на основе вторичных энергоресурсов магистральных газопроводов 21

2 Современное состояние и перспективы развития энергохозяйства газотранспортной системы 24
2.1 Состояние линейной части магистральных газопроводов 25
2.2 Состояние оборудования компрессорных станций 31
2.3 Перспективы развития энергетической базы компрессорных станций магистральных газопроводов 35
2.4 Проблемы энергосбережения и пути их решения 39
2.4.1 Модернизация оборудования и реконструкция парка ГПА 40
2.4.2 Разработка и внедрение энергосберегающих технологий . 44
2.4.3 Снижение потерь газа при магистральном транспорте . . . 45
2.4.4 Утилизация вторичных энергоресурсов ВЭР 45

3 Особенности эксплуатационных режимов магистральных газопроводов 49
3.1 Влияние сезонного фактора на энергетические параметры магистральных газопроводов и расход топливного газа 49
3.2 Влияние нестабильности теплогидравлических режимов магистрального газопровода на его техническое состояние 55
3.2.1 Причины нестабильности теплогидравлических режимов магистральных газопроводов 56
3.2.2 Активизация коррозионных процессов на наружной поверхности магистральных газопроводов 59
3.2.3 Вибрация основного оборудования компрессорных станций 65
3.2.4 Анализ стресс-коррозионного состояния технологических трубопроводов компрессорных станций 67
3.3 Нестабильность теплообмена газопровода с грунтом как фактор, осложняющий регулирование 70
3.4 Теплогидравлический расчет эксплуатационных режимов магистральных газопроводов 77
3.4.1 Изменение температуры газа и давления по длине газопровода при эксплуатации 79

3.4.2 Определение фактического коэффициента теплопередачи на основе диспетчерских данных 82
3.4.3 Гидравлический расчет магистрального газопровода 85
3.4.4 Определение коэффициента гидравлической эффективности E 87

4 Реконструкция и модернизация компрессорных станций — основное направление ресурсо- и энергосбережения в газовой отрасли 88
4.1 Выбор типа энергопривода при реконструкции компрессорных станций 89
4.2 Совместное использование газотурбинного и электрического приводов на магистральных газопроводах 94
4.3 Эффективное использование на компрессорных станциях агрегатов с различной единичной мощностью 99
4.4 Полная реконструкция компрессорных цехов 101
4.5 Оценка эффективности регенерации тепла выхлопных газов ГТУ на магистральных газопроводах 105
4.5.1 Оценка термодинамической возможности регенеративного использования теплоты отходящих газов в ГТУ 109
4.5.2 Оценка эффективности перевода ГТУ на работу по регенеративному циклу 114
4.5.3 Экономия топливного газа за счет замены регенераторов 116
4.5.4 Практический опыт перевода газотурбинных установок ГТК-10И и ГТК-25И на работу по регенеративному циклу 118

5 Вторичные энергоресурсы компрессорных станций и использование их в деле теплоснабжения 121
5.1 Источники ВЭР на компрессорных станциях магистральных газопроводов. Баланс ГТУ 121
5.2 Основные направления использования тепловых ВЭР на компрессорных станциях магистральных газопроводов 129
5.3 Теплофикационное использование ВЭР 130
5.3.1 Системы теплоснабжения на компрессорных станциях . . 132
5.3.2 Теплоснабжение внешних потребителей 134

6 Перспективы использования на компрессорных станциях установок парогазового цикла 136
6.1 Принцип действия и технические характеристики ПГУ, работающей по утилизационной схеме 137
6.2 Применение парогазовых установок для выработки механической и электрической энергии 147
6.3 Технологии наращивания мощности ГТУ впрыском воды или пара в газовоздушный тракт (ПГУ смешения) 152
6.3.1 Технология впрыска пара в камеру сгорания двигателя (ПГУ–STIG) 153

6.3.2 Технология регенерации воды в цикле (установки типа "Водолей") 158
6.3.3 Опыт эксплуатации энергосберегающей комбинированной установки с регенерацией воды в цикле на компрессорных станциях магистрального газопровода (КГПТУ-16К с РВЦ) 160

7 Новейшие технологии утилизации сбросного тепла на компрессорной станции, основанные на принципе когенерации 163
7.1 Выработка на компрессорной станции дополнительной механической и электрической энергии 165
7.1.1 Принцип действия и особенности бинарных парогазовых установках 165
7.1.2 Пример реконструкции компрессорных станций с внедрением бинарных парогазовых установок для выработки электроэнергии 168
7.1.3 Опыт эксплуатации бинарной парогазовой установки с пентановым циклом 172
7.2 Технология использования двухконтурной ПГУ для совершения дополнительной механической работы — привода нагнетателя 174
7.3 Работа двухконтурной ПГУ в режиме когенерации электроэнергии и "холода" 176
7.4 Перспективное направление — увеличение мощности и КПД ГТУ за счет утилизации тепла выхлопных газов в бинарном "сухом" цикле 179
7.5 Повышение энергетической эффективности ГПА с турбокомпрессорным утилизатором и регенерацией теплоты 182

8 Утилизация энергии избыточного давления газа на газораспределительных и компрессорных станциях с целью выработки электроэнергии и "холода" 186
8.1 Опыт утилизация энергии избыточного давления природного газа на ГРС и КС с выработкой электрической энергии 187
8.2 Технология производства электроэнергии и "холода" на ГРС за счет утилизации "бросовой" энергии дросселирования газа . 192

9 Сокращение потерь газа на магистральных газопроводах 197
9.1 Основные причины потерь газа на магистральных газопроводах и пути их сокращения 198
9.2 Уменьшение технологических потерь газа на компрессорных станциях за счет совершенствования технологических операций 201
9.3 Сокращение потерь газа при ремонтных работах 206

9.4 Мобильная компрессорная станция для откачки газа из замкнутого участка магистрального газопровода 208
9.5 Нормирование расхода газа на компрессорных станциях 213

10 Ресурсо- и энергосберегающие системы охлаждения газа на компрессорных станциях 216
10.1 Одноступенчатая система воздушного охлаждения газа 217
10.2 Двухступенчатая система воздушного охлаждения газа на компрессорных станциях 222
10.2.1 Система с холодильными машинами 223
10.2.2 Трубодетандерные технологии 224
10.2.3 Рекуперативные системы 228
10.2.4 Комбенированные системы 229
10.3 Повышение эффективности охлаждения газа на компрессорных станциях магистральных газопроводов 230
10.3.1 Оптимизация режимов работы магистрального газопровода 230
10.3.2 Улучшение теплопередачи АВО путем очистки теплообменных труб 233
10.3.2.1 Очистка внутренней поверхности теплообменных труб АВО газа на компрессорной станции 235
10.3.2.2 Особенности очистки наружных поверхностей теплообменных труб АВО газа 239
10.3.3 Стабилизация теплогидравлических режимов газопровода как ресурсо- и энергосберегающая технология . . . 243

Литература 246