

Газовые гидраты

спецвыпуск



приложение к журналу

Газовая
промышленность



УДК 662.291.1

Предупреждение гидратообразования в системах сбора и промысловой подготовки газа Заполярного месторождения

Р.М. Минигулов, И.В. Лебенкова, А.П. Баскаков (Ямбурггаздобыча), В.А. Истомин, В.Г. Квон (ВНИИГАЗ)

Подготовка газа к транспорту на Заполярном нефтегазоконденсатном месторождении осуществляется абсорбционным методом с применением в качестве абсорбента диэтиленгликоля (ДЭГ) в соответствии с требованиями ОСТ 51.40-93. Анализ работы систем сбора и промысловой подготовки газа позволяет выявить ряд технологических осложнений и предложить направления интенсификации технологического процесса, в частности, сократить удельный расход метанола.

Промышленное освоение сеноманской залежи Заполярного нефтегазоконденсатного месторождения началось с вводом в эксплуатацию УКПГ-1С в 2001 г., УКПГ-2С и -3С введены в строй в 2002 и 2003 гг. К настоящему времени сбор и подготовка газа на Заполярном НГКМ проводятся на трех установках подготовки газа абсорбционным методом. На стадии технологического проектирования рассматривали возможность применения других абсорбентов (ТЭГ), а также прорабатывали альтернативные варианты подготовки сеноманского газа методом низкотемпературной сепарации, которые остались нереализованными.

Для предотвращения гидратообразования и ликвидации газовых гидратов в системах промыслового сбора предусмотрено на централизованная подача концентрированного метанола на кусты скважин (для ингибирования коллекторов) и метанола перед узлом редуцирования газа на здании переключающей арматуры (ЗПА).

Детальный анализ работы установок подготовки газа и технологических осложнений на Заполярном НГКМ на начальной стадии их эксплуатации представлен в работах [1–5].

При проектировании технологического процесса осушки сеноманского газа не было предусмотрено наличие углеводородного конденсата в продукции эксплуатационных газовых скважин. Фактически углеводородный конденсат, выделяющийся во входных сепараторах С-1, является основным фактором технологических осложнений. Кроме того, технологические осложнения обусловлены и низкой температурой контакта (близкой к 0 °С) в абсорберах гликолевой осушки газа.

Отметим основные технологические осложнения, вызванные выделением углеводородного конденсата в сепараторах первой ступени установок гликолевой осушки газа и применением метанола в системе сбора газа и на ЗПА:

образование достаточно стойкой эмульсии водо-метанольный раствор (ВМР) – сеноманский конденсат в сепараторах С-1, дегазаторах и разделителях, которая нарушает эффективную работу разделителей и установки регенерации метанола на УКПГ-1С, а также осложняет утилизацию углеводородного конденсата;

повышенный капельный унос углеводородного конденсата (а также ВМР) в аэрозольном виде с газом из входных сепара-

торов, что негативно влияет на эффективность массообмена в абсорберах, более того, некоторое количество углеводородного конденсата уносится с осушенным газом и в магистральную газотранспортную систему;

отсутствие технологической схемы утилизации добываемого «попутного» сеноманского конденсата (сейчас имеется ряд предложений специалистов ООО «ЯГД») вызывает осложнения в работе массообменного оборудования;

значительное количество метанола в паровой фазе газа после сепаратора С-1, т. е. в газе, поступающем на осушку в абсорбер А-1, обуславливает одновременное извлечение паров метанола и влаги из газа РДЭГ, при этом установка осушки не позволяет в должной мере извлекать пары метанола из газа (т. е. имеются технологические возможности для экономии метанола).

Ингибирование (предотвращение гидратообразования) системы сбора газа и ЗПА на Заполярном месторождении осуществляется с помощью концентрированного (95–98 %) метанола. Расчет расхода метанола и его нормирование включают ряд этапов:

определение p , T -условий гидратообразования газа заданного состава;

нахождение и прогнозирование гидратных режимов работы системы сбора газа и ЗПА; определение концентраций метанола в водной фазе, обеспечивающих безгидратный режим этих технологических звеньев;

расчет минимально необходимого (с учетом особенностей данной установки) количества концентрированного метанола в точках его ввода;

определение рекомендуемой нормы расхода метанола при сложившейся технологии его использования с учетом коэффициента запаса;

разработка рекомендаций по соблюдению установленных норм расхода метанола с учетом возможностей автоматического регулирования его расхода.

Детальный расчет расхода метанола для рассматриваемых установок позволил выявить недостатки этой технологии и сформулировать предложения по сокращению расхода метанола за счет ее модификаций. Условия гидратообразования (рис. 1) рассчитаны для следующего объемного состава газа (%):

CH_4	C_2H_6	C_3H_8	N_2	CO_2	H_2
98,43	0,11	0,02	1,105	0,33	0,006

Следует отметить, что состав газа Заполярного месторождения по данным разных источников (и разных химанализов) несколько отличается друг от друга, однако это практически не влияет на условия гидратообразования. В частности, незначительное количество сеноманского конденсата, содержащегося в пластовом газе и выпадающего во входных сепараторах, не влияет на условия гидратообразования, поскольку сеноманский конденсат состоит главным образом из тяжелых негидратообразующих компонентов.

Основным фактором, влияющим на гидратообразование в шлейфах и ЗПА, является перепад температуры газа на ЗПА из-за его дросселирования. Поэтому необходимо определить зависимость выходной температуры от входной.

Для расчетов использовались следующие данные: давление газа на входе в ЗПА 10,2 МПа, на выходе ЗПА 7,6–7,9 МПа;

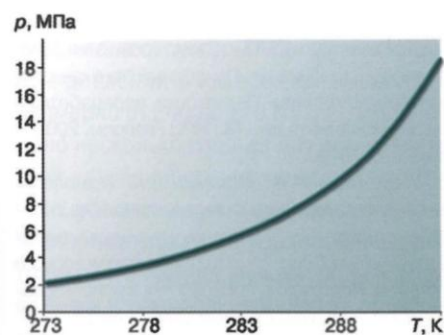


Рис. 1. Равновесные условия гидратообразования газа Заполярного месторождения

диапазон изменения температуры газа на входе в ЗПА 10–14 °С. Расчет проводили с учетом постоянства энтальпии до и после дросселирования по модифицированному (В.А. Истоминим и В.Г. Квоном) уравнению состояния типа Редлиха–Квонга.

С использованием зависимости (рис. 2) и по условиям гидратообразования рассчитаны минимально необходимые удельные расходы метанола для ингибирования участка от кустов скважин до ЗПА и самого ЗПА, где возможно гидратообразование за счет снижения температуры в процессе дросселирования (рис. 3). В настоящее время температура газа во входных сепараторах УКПГ колеблется от 1–4 °С в зависимости от времени года. Расчеты представлены для более широкого интервала температур.

Кроме того, расчеты проводились и для расходов насыщенного раствора метанола массовой долей 80 и 60 %, выбор которых обусловлен следующими причинами. На промысел поступает 98%-ный метанол, ВМР из рефлюксной емкости на УКПГ-3С имеет массовую долю примерно 60 %, а массовая доля 80 % взята из соображений возможности вторичного использования ВМР рефлюкса

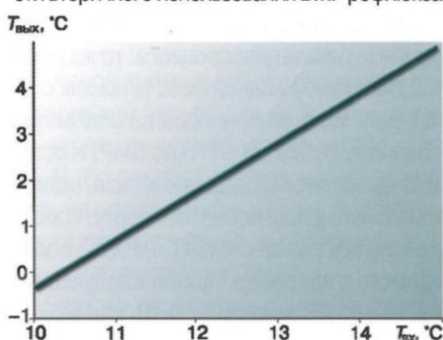


Рис. 2. Зависимость температуры газа на выходе ЗПА от температуры газа на входе ЗПА (охлаждение газа за счет дросселирования)

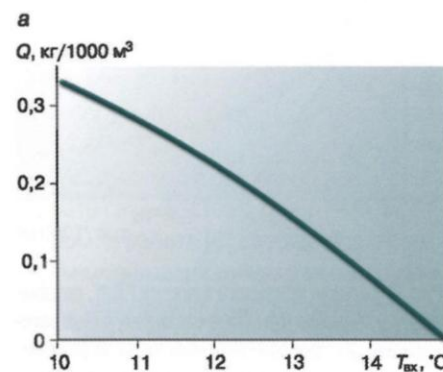


Рис. 3. Зависимость расхода метанола (массовая доля 98 %) на кусты скважин от температуры газа на входе (а) и на выходе (б) ЗПА

при его смешивании с концентрированным метанолом. Расчеты выполнены при условии, что пластовая минерализованная вода практически не выносится скважинами. Учитывается только конденсационная вода, что соответствует имеющимся промышленным данным, например, применительно к УКПГ-3С.

Технологические потери метанола обусловлены, главным образом, двумя факторами.

Во-первых, как уже отмечалось выше, проектом не было предусмотрено наличие конденсата в добываемом флюиде. Однако уже в начальный период эксплуатации установок было отмечено выделение конденсата в сепараторах первой ступени. При этом наблюдалось образование эмульсии ВМР – конденсат. Ранее специалистами УНИПРа ООО «Ямбурггаздобыча» были проведены лабораторные исследования особенностей существования и разложения этой эмульсии при массовом содержании метанола 10–100 % в диапазоне температур –20... 30 °С. Например, при массовой доле метанола в ВМР 30 %, температуре 10 °С и ниже в системе ВМР – сеноманский конденсат наблюдается образование стойкой эмульсии: она практически не разрушается за характерное время порядка 1 сут. С ростом температуры выше 10 °С слой эмульсии сокращается, но не исчезает, чем выше температура – тем меньше слой эмульсии. Но даже при температуре 30 °С визуально наблюдается присутствие остаточной эмульсии (эксперимент проводился в течение 8 ч). Исследование ВМР в разделителе Р-1 УКПГ-1С (при температуре 0–10 °С) в течение 24 ч показало, что эмульсия и за этот период не разрушается. Образовавшаяся устойчивая эмульсия ВМР – конденсат может способствовать повышенному аэрозоль-

ному уносу ВМР и конденсата с первой ступени сепарации. Более того, наличие аэрозольного конденсата в осушаемом газе не способствует эффективности массообмена (т.е. извлечению влаги и метанола РДЭГ) в насадочных абсорберах. На практике эту проблему на УКПГ-1С частично решили с помощью нагрева эмульсии до 30 °С в промежуточной разделительной емкости. В промышленном эксперименте на УКПГ-1С удалось разрушить эмульсию полностью с помощью добавки в систему ВМР – конденсат деэмульгатора «ФЛЭК» в количестве 100 г на 1 т ВМР.

Вторым аспектом проблемы является высокая летучесть метанола. Для осушки газа на Заполярном месторождении в настоящее время имеются весьма благоприятные условия: низкая температура и высокое давление контакта. Требования отраслевого стандарта соблюдаются. Однако в осушаемом газе присутствует значительное количество метанола, существенно превышающее влагосодержание газа. Об этом свидетельствует массовое содержание метанола в рефлюксе (на УКПГ 60–63 %, для сравнения на УКПГ-1С массовая доля в начальный период эксплуатации доходила до 82 %), т.е. РДЭГ в абсорбере извлекает частично и пары метанола из газа. Указанные обстоятельства определяют необходимость нахождения оптимального режима работы абсорберов и блока регенерации гликоля с точки зрения максимально возможного извлечения паров метанола. Поэтому нами были предприняты расчетные исследования по этому вопросу.

Особенностями технологии осушки газа

на УКПГ Заполярного месторождения являются: низкая температура контакта, находящаяся в диапазоне 1–4 °С, высокое давление контакта в абсорбере (~8 МПа), низкий удельный расход РДЭГ, работа блока регенерации при атмосферном давлении, наличие значительного количества метанола в осушаемом газе. В связи с этим регенерированный абсорбент (в нашем случае РДЭГ) не только осушает газ, но и до некоторой степени извлекает пары метанола из газа.

Проведем анализ возможности увеличения извлечения именно метанола из газа за счет увеличения удельного расхода РДЭГ и уменьшения в регенерированном абсорбенте РДЭГ остаточного содержания метанола (проведено оценочное моделирование перехода с атмосферной регенерации гликоля на вакуумную регенерацию). Расчет проводили при температуре газа в абсорбере 2 °С и давлении газа 7,7–7,9 МПа на линии входной сепаратор – абсорбер. Для заданного термобарического режима рассчитывали процессы осушки и извлечения паров метанола из сырого газа в абсорбере. При этом массообмен в аппарате моделировался одной или двумя теоретическими ступенями контакта. Интегральные показатели процесса: точка росы газа по жидкой водной фазе (в нашем случае речь идет о точке росы по водометанольному раствору – ТТР по ВМР) и остаточное метанолосодержание газа, подготовленного к дальнейшему транспорту. Усредненный массовый состав (%) РДЭГ, подаваемого в абсорбер, принят следующим: РДЭГ – 95,75, метанол – 0,75, вода – 3,5.

Массовая доля насыщенного метанола во входном сепараторе С-1 задавалась равной 25 %. Этот вариант отвечает текущим усредненным промышленным условиям.

При увеличении расхода РДЭГ с 2,5 до 15 кг/1000 м³ потери метанола в паровом виде с осушенным газом даже при моделировании абсорбера одной теоретической ступени контакта сокращаются практически в два раза (рис. 4). Соответствующее изменение точки росы при этом показано на рис. 5. Были также проведены технологические расчеты и для других вариантов.

Проведенные расчеты показывают возможности оптимизации параметров работы установок осушки для доизвлечения метанола из газа РДЭГ. Проведенные летом 2005 г. на УКПГ-3С промышленные испытания показали технологическую возможность и перспективность указанного технического решения.

По результатам проведенного анализа работы УКПГ Заполярного месторождения сделаны практические выводы и рекомендации, направленные на сокращение расхода метанола и повышение эффективности работы установок осушки газа.

Список литературы

1. Шиняев С.Д., Сулейманов Р.Х., Балюк И.В., Зиязов Р.Н., Ерохин В.М., Воронин В.И. Конденсат, поступающий на УКПГ-1С Заполярного ГНКМ// Газовая промышленность. – 2003. – № 1. – С. 66–68.
2. Андреев О.П., Лебенкова И.В., Истомин В.А. Подготовка газа на УКПГ-1С Заполярного месторождения// Газовая промышленность. – 2004. – № 2. – С. 44–46.
3. Андреев О.П., Залихов З.С., Арабский А.К., Якупов З.Г., Зайцев Н.Я. Изучение факторов, определяющих эффективность аппаратов и технологии гликолевой осушки газа, и новые технические решения для объектов ООО «Ямбурггаздобыча»// Актуальные проблемы и новые технологии освоения месторождений углеводородов Ямала в XXI веке. – М.: ИРЦ Газпром, 2004. – С. 343–362.
4. Лебенкова И.В., Истомин В.А. Особенности подготовки газа на УКПГ-1С месторождения Заполярное// Газификация. Природный газ в качестве моторного топлива. Подготовка, переработка и использование газа. – М.: ИРЦ Газпром, 2003. – № 2. – С. 19–30.
5. Лебенкова И.В., Истомин В.А. Технологические проблемы регенерации метанола на УКПГ-1С месторождения Заполярное и пути их решения// Газификация. Природный газ в качестве моторного топлива. Подготовка, переработка и использование газа. – М.: ИРЦ Газпром, 2003. – № 3.

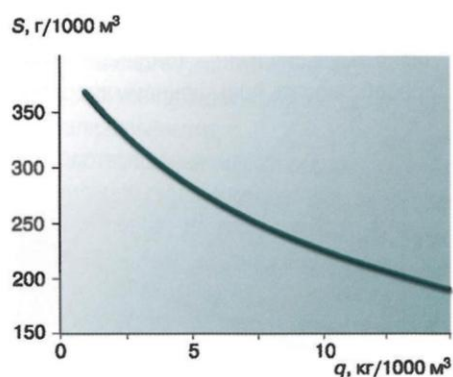


Рис. 4. Зависимость содержания метанола в осушенном газе от удельного расхода РДЭГ (при включении вакуумной регенерации) в абсорбере с одной теоретической ступенью контакта при массовой доле насыщенного метанола в сепараторе 25 %

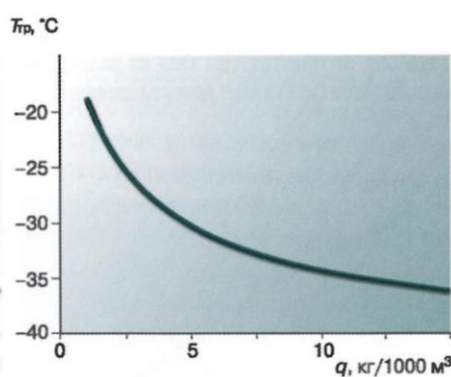


Рис. 5. Влияние удельного расхода РДЭГ, подаваемого в абсорбер (при включении вакуумной регенерации), на температуру точки росы по водометанольному раствору при осушке газа в абсорбере с одной теоретической ступенью контакта при массовой доле метанола в сепараторе 25 %