

С.А. Бешенцева

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ГИДРАТООБРАЗОВАНИЯ В ТРУБОПРОВОДАХ

Статья посвящена вопросам автоматизации управления технологическими процессами подачи метанола для предупреждения и ликвидации гидратов при подготовке и транспорте газа. Проведен аналитический обзор опубликованных данных по системам автоматического регулирования подачи метанола, рассмотрена система автоматического регулирования подачи метанола на основе комплексных алгоритмов, определяющих и поддерживающих рациональный расход ингибитора.

Гидратообразование, газовая скважина, газопровод, ингибитор, алгоритм.

Технология добычи, транспорта, хранения и переработки газа осложнена проблемой газовых гидратов [1, 2, 4, 5]. В общем случае образование газовых гидратов обусловлено наличием в потоке газа водной фазы, которая при определенных термобарических условиях в газопроводе способна образовывать с компонентами газа твердые снегоподобные клатратные соединения кубической структуры преимущественно с ван-дер-ваальсовым характером взаимодействий [3]. Процесс образования гидратов зависит от физико-химических характеристик газа [1]. Вероятность гидратообразования увеличивается с повышением давления и понижением температуры [3]. Образование гидратов в призабойной зоне вызывает падение дебита скважины на 18–19 % для начальной температуры ниже равновесной на 2 К [22]. Наиболее благоприятные условия для образования газовых гидратов создаются при неконтролируемом выбросе пластовой воды, поступающей в газотранспортную систему с газом со скважин месторождения.

Остро стоят вопросы подготовки газа для его транспортировки по газопроводам большой протяженности [4, 6], особенно на участках с высокими скоростями потока среды [16]. Кроме того, гидраты закупоривают частично или полностью проходное сечение трубы, что приводит к возникновению зон с повышенным давлением. При продавливании газогидратной пробки на газораспределительных станциях могут возникнуть условия для газодинамического удара, который является одним из механизмов стремительного разрушения трубопроводов [21].

Гидратообразование приводит к серьезным осложнениям при эксплуатации газовых месторождений и даже к крупным авариям.

Предотвращение этих осложнений при сниженных эксплуатационных затратах является актуальной научно-технической и производственной проблемой [1, 5, 12].

В настоящее время достаточно подробно изучены термобарические условия образования и диссоциации газогидратов в условиях стохастического термодинамического эксперимента. Предложены различные модельные механизмы гидратообразования, изучены скорости роста гидратов при различных условиях, выявлены факторы, влияющие на скорость гидратообразования [1, 5], разработаны методы расчета изменения температуры и давления при движении газа, жидкости и газожидкостных смесей в трубопроводах, а также скорости роста гидратов. Основную трудность при моделировании реальных

процессов гидратообразования представляет учет специфических граничных условий теплопередачи и массообмена при росте и разложении гидратов в многокомпонентных средах: природный газ, конденсат, пары воды, влага, метанол с учетом фазовых переходов для различных способов прокладки трубопроводов и метанолпроводов [5].

Очень важно знать места возможного гидратообразования в системе добычи газа, чтобы своевременно предупредить или ликвидировать гидратные пробки [1, 14]. Для обнаружения зон гидратообразования и их своевременного предотвращения необходимо знать состав транспортируемого газа, его плотность, изменение температуры и давления в газопроводе, влажность газа. По составу, давлению и температуре газа определяются условия образования гидратов, а по влагосодержанию — возможность образования гидратов в данных условиях [12, 17, 18].

Анализ опубликованных данных по проблемам гидратообразования в промысловых газопроводах позволяет выделить основные методы предупреждения образования гидратов:

- подогрев газа на станциях подогрева паром или другими теплоносителями в теплообменниках: при сохранении давления в газопроводе температура газа поддерживается на несколько градусов выше равновесной температуры образования гидратов. Подогреватели размещаются вдоль газопровода перед местами возможного гидратообразования. Данный метод применяется на газопроводах небольшой протяженности, газосборных сетях промыслов при использовании централизованной осушки газа на головных сооружениях. Метод требует больших капитальных и эксплуатационных расходов [1, 14, 15];

- снижение давления: известен закон изменения температуры газа в газопроводе, т.е. задана зависимость изменения температуры газа от длины газопровода. Метод используется для предупреждения гидратообразования или ликвидации образовавшихся гидратов. При использовании метода снижения давления практически не применяется транспортировка газа при давлении ниже равновесного, что приводит к уменьшению пропускной способности газопроводов, в результате чего температура газа быстро снижается и достигает значения температуры окружающего грунта. Метод нецелесообразен на газопроводах как незначительной длины, так и большой протяженности. На практике метод снижения давления используют для разложения гидратов в газопроводе путем кратковременного снижения давления ниже давления разложения гидратов в аварийных ситуациях. Часто метод используют в комбинации с вводом ингибиторов [14];

- безгидратный режим эксплуатации скважин за счет выбора технологического режима работы или подачи ингибитора гидратообразования в скважину. Для выбора способа и места подачи ингибитора в случае невозможности установления безгидратного режима определяют возможность образования гидратов в призабойной зоне или стволе скважины. На температуру газа в работающей скважине оказывают влияние дросселирование газа, теплообмен между добываемым газом и окружающей скважину средой и др. При установлении безгидратного режима используются данные, полученные в результате промысловых исследований скважин. В скважинах, работающих с дебитами, обеспечивающими безгидратный режим, возможно образование гидратов при отклонении их режима от безгидратного, т.е. должна быть обеспечена возможность подачи ингибитора для предотвращения гидратообразования при отклонениях работы скважин от нормального режима [6–8, 11];

— ввод в поток газа ингибиторов — химических веществ, замедляющих либо исключаящих гидратообразование. Особенно часто этот метод применяют для предупреждения и ликвидации гидратов в призабойной зоне пласта и стволах скважин. Требуется подача большого количества ингибитора не только в скважины, но и в шлейфы. Доставка и подача ингибитора в скважины и шлейфы осуществляется при помощи насосов и ингибиторопроводов от групповых сборных пунктов к каждой скважине в отдельности по индивидуальным схемам. Наиболее экономична централизованная схема подвода ингибитора к скважинам с использованием регуляторов расхода метанола на линиях, ведущих к каждой скважине и предназначенных для строгого дозирования количества ингибитора, подаваемого в каждую скважину в зависимости от режима ее работы [1, 14]. Наиболее распространенным ингибитором является метанол [1, 2, 7, 11, 12]. Применение метанола как ингибитора гидратообразования основано на изменении равновесных условий гидратообразования в водных растворах в сторону более низких температур, тем самым предотвращается образование гидратов при заданных термобарических условиях.

Показатели эффективности работы систем сбора и транспорта газа, улучшение экологических характеристик напрямую связаны с разработкой экономических технологий применения метанола с использованием средств автоматизации, что актуально для газовой промышленности.

Основными требованиями к автоматическим устройствам распределения ингибитора являются:

- обеспечение надежной и бесперебойной работы в наиболее экономичном режиме;
- своевременное изменение количества подаваемого ингибитора в начале и с прекращением гидратообразования, при изменениях температуры наружного воздуха;
- аварийная сигнализация отказов устройств распределения ингибитора, отсутствия ингибитора;
- простота и надежность конструкции.

В настоящее время в эксплуатации находятся установки, обеспечивающие ввод ингибитора:

- в ручном режиме в соответствии с рассчитанными нормами, например с использованием блоков дозирования ингибитора типа ИНГ [20], предназначенных для автоматического поддержания заданного «по месту» расхода ингибитора и дистанционного увеличения расхода (через клапан) при необходимости форсированной подачи;

- автоматически по факту возникновения гидратного режима, например с использованием системы регулируемой подачи ингибитора типа СРПИ [19], обеспечивающей распределение и дозирование ингибитора гидратообразования по точкам ввода (газовым скважинам, шлейфам, газопроводам, запорно-регулирующему оборудованию), подверженным образованию гидратов.

Для подачи метанола широко применяются дозировочные насосы и насосные установки с частотными приводами, в том числе обеспечивающие каскадно-частотное регулирование.

Как правило, подачу метанола для защиты газотранспортной системы ведут при постоянном заранее подобранном значении расхода.

Однако технические решения без комплексного подхода к проблеме предупреждения и ликвидации гидратов имеют ряд недостатков, основные из которых следующие:

— в условиях динамично меняющихся термобарических и расходных параметров газа системы транспорта оперативное определение минимальных требуемых количеств метанола является нерешенной задачей;

— поддержание расхода метанола на уровне, существенно превышающем минимально необходимый, хотя и исключает образование гидратов, но является экономически неоправданным;

— при поддержании подачи метанола на уровне, не обеспечивающем предупреждение гидратообразования, возможно образование гидратных пробок, устранение которых потребует дополнительных затрат.

Выходом в данном случае является использование системы автоматического регулирования подачи метанола, в основе которой лежат алгоритмы расчета расходов метанола, необходимых для обеспечения безгидратного режима работы газотранспортной системы с учетом растворимости метанола в газе и жидких углеводородах, комплексного влияния всех процессов, протекающих при эксплуатации газопроводов, количества метанола по всем точкам ввода, опирающиеся на общие принципы, изложенные в методиках [7] и [17].

Разработка комплекса алгоритмов, обеспечивающих автоматическое регулирование подачи метанола для предупреждения гидратообразования и ликвидации гидратных пробок, позволит повысить эффективность работы систем сбора и транспорта газа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аксютин О.Е., Меньшиков С.Н., Лапердин А.Н. и др. Условия образования и методы борьбы с гидратами на газовом промысле Ямсовейского месторождения: Обзор информ. М.: Газпром экспо, 2010. 88 с. (Геология, бурение, разработка и эксплуатация газовых и газоконденсатных месторождений).
2. Бухгалтер Э.Б. Метанол и его использование в газовой промышленности. М.: Недра, 1986. 238 с.
3. Громовых С.А., Нечепуренко А.Е. Гидратообразование при освоении нефтегазовых месторождений Восточной Сибири. Тюмень: Вектор Бук, 2005. 80 с.
4. Дегтярев Б.В., Бухгалтер Э.Б., Лутошкин Г.С. Из опыта борьбы с гидратообразованием при добыче газа. М.: ВНИИОЗГ, 1968. 100 с.
5. Дегтярев Б.В., Бухгалтер Э.Б. Борьба с гидратами при эксплуатации газовых скважин в северных районах. М.: Недра, 1976. 198 с.
6. Истомин В.А. Предупреждение и ликвидация газовых гидратов в системах сбора и промысловой обработки газа и нефти. М.: ВНИИЭгазпром, 1990. 214 с.
7. Истомин В.А., Квон В.Г. Предупреждение и ликвидация газовых гидратов в системах добычи газа. М.: ИРЦ Газпром, 2004.
8. Инструкция по комплексному исследованию газовых и газоконденсатных пластов и скважин / Под ред. Г.А. Зотова, З.С. Алиева. М.: Недра, 1980. 301 с.
9. Инструкция по освоению и эксплуатации газовых скважин в условиях гидратообразования в призабойной зоне. М.: ВНИИГАЗ, 1971. 42 с.
10. Инструкция по расчету норм расхода метанола при транспорте газа по магистральным газопроводам. М.: ВНИИЭгазпром, 1979. 30 с.
11. Караваяев М.М., Мастеров А.П. Производство метанола. М.: Химия, 1973. 160 с.
12. Коротаев Ю.П., Кулиев А.М., Мусаев Р.М. Борьба с гидратами при транспорте природных газов. М.: Недра, 1973. 136 с.
13. Макогон Ю.Ф., Саркисянц Г.А. Предупреждение образования гидратов при добыче и транспорте газа. М.: Недра, 1966. 186 с.
14. Рекомендации по предупреждению гидратообразования на газовых промыслах Севера. Якутск: Якут. филиал СО АН СССР, 1977. 52 с.
15. Фролов А.А. Автоматизация подачи метанола на установке низкотемпературной сепарации // Проблемы развития газовой промышленности Западной Сибири. Тюмень: ТюменНИИгипрогаз, 2008. С. 184–185.

16. Чухарева Н.В. Проектирование, сооружение и эксплуатация газонефтепроводов и газонефтехранилищ. Томск: Том. политехн. ун-т, 2010. 30 с.
17. СТО Газпром 3.1-3-010-2008 «Методика расчета норм расхода химреагентов по газодобывающим предприятиям ОАО Газпром».
18. СТО Газпром 2-3.3-164-2007 «Методика по составлению технологического режима работы промысла (УКПГ), с расчетом технологических параметров от пласта до входа в ГКС».
19. Тематический каталог ООО Фирма «Саратовгазприборавтоматика» [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <http://www.sgpa.ru/catalogue/produkcii/oborudov/srpi>.
20. Тематический каталог продукции ОАО «НПО «Промавтоматика». Средства автоматизации. 2011.
21. Семенов Я.С. Возможный механизм разрушений на распределительных станциях // Газовая промышленность. 2011. № 6. С. 40–41.
22. Бондарев Э.А., Аргунова К.К., Рожин И.И., Попов В.В. Динамика образования гидратов в призабойной зоне газовых скважин // Газовая промышленность. 2010. № 2. С. 14–16.

S.A. Beshentseva

ANALYSIS OF PREVENTION METHODS AGAINST
FORMATION OF HYDRATES IN PIPELINES

The article is devoted to automation control regarding engineering processes of supplying methanol for hydrates' prevention and elimination under preparation and transport of gas. The article gives an analytical review of the published data on systems of automatic control in supplying methanol, considering a system of automatic control of methanol supply basing on integrated algorithms determining and supporting an efficient inhibitor consumption.

Formation of hydrates, gas well, gas pipeline, inhibitor, algorithm.