

УДК 66.074.31+66-974

А.Н. Кубанов, Т.С. Цацулина, Н.Н. Ключова, А.В. Дунаев

Специфика требований к качеству газа, подготавливаемого на УКПГ Бованенковского НГКМ

Ключевые слова:

Бованенковское месторождение, качество газа, стандарты, точка росы, магистральный газопровод, низкотемпературная сепарация.

Keywords:

Bovanenkovskoye field, gas quality, standards, dew point, gas mains, low-temperature separation.

Разработка технологии низкотемпературной сепарации (НТС) для подготовки аптсеноманского газа Бованенковского нефтегазоконденсатного месторождения (НГКМ) осуществлялась ОАО «ВНИПИГаздобыча» совместно с ООО «Газпром ВНИИГАЗ» в 2006–2007 гг. Согласно действующему в то время ОСТ 51.40-93 «Газы горючие природные, поставляемые и транспортируемые по магистральным газопроводам. Технические условия», температуры точек росы (ТТР), в частности по углеводородам (УВ), для холодной макроклиматической зоны составляли $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ летом и $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ зимой. Особенность данного документа заключалась в отсутствии давления, к которому необходимо относить значения ТТР. В условиях такой неопределенности при технологическом проектировании и эксплуатации УКПГ требуемое значение данного параметра чаще всего относили к давлению в концевой ступени разделения (сепарации), что не всегда оправданно, так как давление транспортирования газа может значительно отличаться от давления процесса подготовки. Известно, и это будет проиллюстрировано ниже, что углеводородная точка росы необычайно сильно зависит от давления. Для северных месторождений это обстоятельство не позволяет гарантировать двухфазный транспорт продукции промыслов, как минимум, на головных участках магистральных газопроводов (МГ).

Учитывая, что указанный стандарт разрабатывался на заре развития программного обеспечения для расчета фазовых равновесий многокомпонентных и многофазных смесей и для технолого-математического моделирования систем газоразделения, его следует рассматривать как начальную стадию на пути совершенствования нормативно-методической базы проектирования и эксплуатации установки комплексной подготовки газа (УКПГ). При работе над Бованенковской УКПГ специалисты ООО «Газпром ВНИИГАЗ» пошли дальше и определили параметры работы УКПГ по технологии НТС на основе моделирования системы «УКПГ – МГ» с позиции обеспечения однофазного транспортирования газа по МГ. Были обоснованы температурные диапазоны НТС, которые с учетом капельных уносов жидкости из сепараторов установки обеспечивали бы транспортирование газа по наиболее критичному – головному – участку МГ в однофазном состоянии.

В настоящее время технические требования к качеству природного газа, поставляемого в МГ, регламентируются в соответствии с отраслевым стандартом СТО Газпром 089-2010. Согласно данному документу, ТТР по воде для холодного макроклиматического района составляет $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ в зимний период и $-14\text{ }^{\circ}\text{C}$ в летний при абсолютном давлении 3,92 МПа; ТТР по углеводородам принята как $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ в зимний период и $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ в летний при абсолютном давлении в диапазоне от 2,5 до 7,5 МПа. Таким образом, указанный в СТО диапазон давлений не охватывает МГ с рабочими давлениями свыше 7,5 МПа, в то время как бованенковский газ подается в газотранспортную систему с давлением до 11,8 МПа.

Рассматриваемые стандарты допускают не нормировать ТТР по УВ для газов с содержанием УВ C_{3+} ниже 1 г/м^3 . Это положение является традиционной «уступкой» для технологии гликолевой осушки газа, широко применяемой для подготовки «тощих» сеноманских газов на месторождениях Надым-Пур-Тазовского региона и способной обеспечить кондицию газа только по водной точке росы. В результате головные участки северных газопроводов работают в двухфазном режиме перекачки с небольшим содержанием жидких УВ. Для газотранспортной системы п-ова Ямал поставлена задача эксплуатации в однофазном режиме, поэтому обсуждаемая норма не может быть применена

на Бованенковском и других месторождениях Ямала, где имеются сеноманские залежи.

Стандарт не рассматривает требования к температуре газа на входе в МГ – важнейшему показателю при проектировании и эксплуатации УКПГ на месторождениях Крайнего Севера, отсылая этот вопрос к проекту обустройства конкретного месторождения.

Таким образом, вопрос о требуемых значениях точек росы и температуре газа, транспортируемого с Бованенковского НГКМ, является открытым, и его необходимо рассмотреть с учетом фактического состава сырья УКПГ-2. Такой состав получен после проведения ООО «Газпром ВНИИГАЗ» комплексного обследования установки НТС в декабре 2012 г. и в результате последующих расчетных исследований. Содержание УВ C_{5+} в сырье УКПГ составило $1,8 \text{ г/м}^3$, но в дальнейшем может измениться. На УКПГ Бованенковского НГКМ (сеноман-аптские залежи) реализована технология НТС, способная в рамках единого технологического процесса обеспечить требования к углеводородной и водной ТТР газа, а также его температуре на выходе из УКПГ (на входе в МГ).

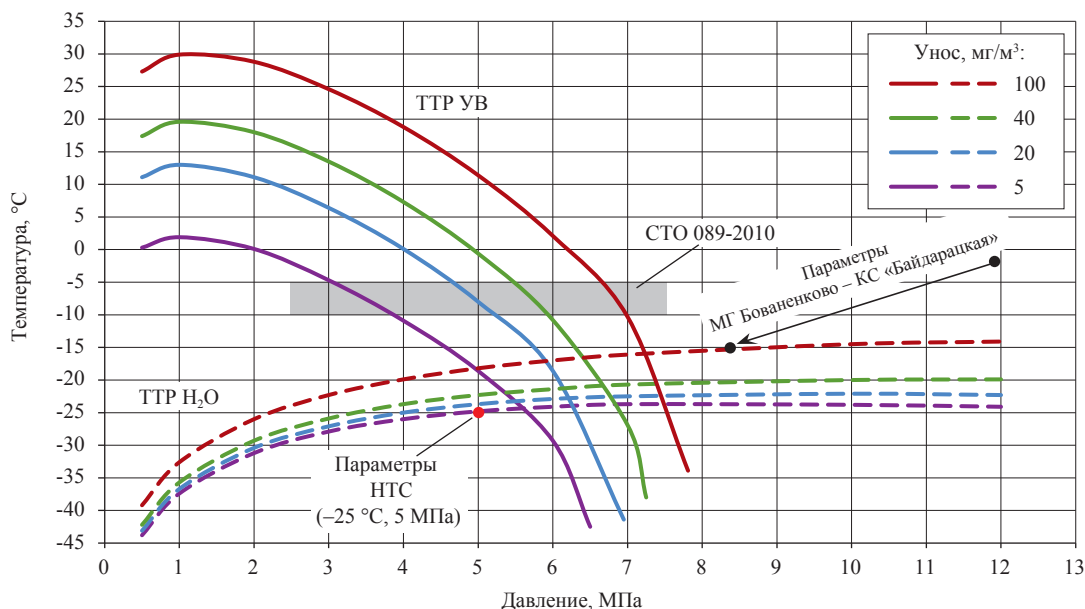
Однофазное транспортирование газа по МГ может быть достигнуто при определенном сочетании следующих параметров НТС:

- температура;
- давление;
- величина уноса из низкотемпературного сепаратора;
- тип антигидратного реагента.

Проектом обустройства определена температура НТС в диапазоне от $-25 \text{ }^\circ\text{C}$ летом до $-35 \text{ }^\circ\text{C}$ зимой при давлении около 5 МПа. Проектные требования к эффективности сепарации – капельный унос не более 5 мг/м^3 . В качестве антигидратного реагента традиционно используется метанол. Он предотвращает опасность образования гидратов не только на установке НТС, но и в МГ (в случае нештатных ситуаций поступления жидкости из установки НТС в МГ).

Технологическое моделирование проектной технологии НТС позволило получить серию составов газа низкотемпературной сепарации для различных значений капельного уноса жидкости из сепараторов (в первую очередь – из низкотемпературного сепаратора). В качестве определяющего принят режим работы технологии НТС в летний период эксплуатации с номинальной температурой НТС $-25 \text{ }^\circ\text{C}$ при давлении 5 МПа и уносах жидкости из низкотемпературного сепаратора от 5 до 100 мг/м^3 . Для полученных составов построены зависимости точек росы товарного газа сепарации от давления в диапазоне от 0,5 до 12 МПа. Рассмотрены независимо ТТР по УВ и ТТР по водно-метанольной фазе (рисунок).

На рисунке отмечены точка термобарических параметров НТС и примерная линия термобарических параметров транспортирования газа по участку МГ от месторождения до КС «Байдаракская»; давление изменяется от 11,8 до 8,3 МПа, а температура – от -2 до $-15 \text{ }^\circ\text{C}$.



Зависимости ТТР газа низкотемпературной сепарации по водной фазе и углеводородам от давления и капельного уноса

Кроме того, выделена область ТТР по углеводородам в соответствии с СТО Газпром 089-2010.

При давлениях выше давления НТС доминируют точки росы по водно-метанольной составляющей, а при давлении ниже давления НТС – по углеводородам. На рисунке наглядно отражено, что по достижению проектных значений загрузки газопровода и давления газа на входе (11,8 МПа) газопровод будет гарантированно эксплуатироваться «в сухом режиме» даже в случае повышенных уносов (до 40 мг/м³). В осенне-зимне-весенний период с номинальной температурой НТС –35 °С допустимый унос может возрасти до 100 мг/м³. При этом выделение жидких УВ практически исключено, так как это может произойти только при уносах более 200 мг/м³, что в 40 раз превосходит паспортное значение этого показателя для применяемых аппаратов и в 10 раз – инструментально замеренные значения.

Таким образом, измерять точки росы по УВ на выходе из УКПГ под рабочим давлением не имеет смысла, так как при давлении выше 7–8 МПа транспортируемый газ находится за пределами фазовой диаграммы, т.е. в закритических условиях.

Иная картина наблюдается при давлениях газа ниже 4 МПа, что свойственно для газораспределительных сетей, а давление 2,5 МПа, как отмечалось выше, фигурирует в СТО Газпром 089-2010. В диапазоне давлений от 0,5 до 2,5 МПа ТТР газа по УВ максимальны, например для 2,5 МПа они составляют от –2 °С при уносе 5 мг/м³ до 17 °С при уносе 40 мг/м³. Это означает, что при существующей технологии подготовки газа выполнить требования данного стандарта невозможно, причем не только для холодного, но и для умеренного макроклиматического района. Если в задачи УКПГ включить требование подготовить газ до таких кондиций, то на всех месторождениях с малым содержанием УВ C₅₊ необходимо применить адсорбционную осушку вместо абсорбционного процесса и технологии НТС либо проводить процесс НТС на температурах сепарации –40 °С и ниже, что практически невыполнимо, особенно в летний период года.

Выполнение стандартного требования к точке росы по водной фазе (ВМР) (–20 °С при давлении 3,92 МПа зимой и –14 °С при давлении 3,92 МПа летом) не гарантирует транспор-

тирование газа в однофазном состоянии, так как ТТР по влаге после пересчета на давление в конце головного участка МГ (8,3 МПа) составит соответственно –15 и –8 °С, в то время как температура транспортируемого газа может понизиться до –15 °С и ниже.

Таким образом, по указанным причинам требования СТО Газпром 089-2010 нельзя распространять на Бованенковское и другие месторождения Ямала. Необходимо разработать специальные технические условия на газ Бованенковского НГКМ, подлежащий транспортированию по МГ с учетом возможностей проектной технологии подготовки газа и специфических условий транспорта.

Концептуальные положения для разработки СТУ

1. Конкретизировать требования к ТТР по УВ, например –10 °С зимой и –5 °С летом при давлении 5 МПа. Это положение обеспечит однофазное транспортирование газа на всем протяжении МГ от Бованенково до газораспределительных станций. Измерение ТТР необходимо проводить после подогрева и редуцирования товарного газа в соответствии с ГОСТ 31370-2008.

2. Конкретизировать требования к ТТР по водной фазе, например –20 °С зимой и –15 °С летом при давлении 8 МПа (это на пять градусов ниже минимально возможной температуры газа в конце наиболее холодного головного участка МГ). Данное требование является более жестким по отношению к требованиям СТО Газпром 089-2010, поэтому действующий стандарт будет выполнен.

3. Конкретизировать требования к температуре газа на входе в МГ: она должна составлять –2 °С круглогодично. В летний период при температуре атмосферного воздуха выше 20 °С допускается повышение этого параметра до 0 °С. В зимний период при температуре атмосферного воздуха ниже –20 °С допускается понижение этого параметра до –5 °С.

4. Рассмотреть вопрос о продлении зимнего периода до конца мая (согласно требованиям СТО Газпром 089-2010 зимний период принят с 1 октября по 30 апреля), сократив тем самым летний период на один месяц, так как температурные режимы транспортирования газа по головным участкам в мае еще соответствуют зимним режимам.