

Г.Г. Щедрина, канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск, Россия) (e-mail: tgk-kstu6@yandex.ru)

В.С. Ежов, д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск, Россия) (e-mail: vl-ezhov@yandex.ru)

Н.Е. Семичева, канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск, Россия) (e-mail: nsemicheva@yandex.ru)

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ОБРАЗОВАНИЯ КРИСТАЛЛОГИДРАТОВ НА ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СТАНЦИЯХ

Существующие методы осушки природного газа как на промыслах, так и на компрессорных станциях не всегда позволяют добиться нормированных значений степени осушки природного газа по влаге.

Анализ работы газораспределительных систем показывает, что применяемые устройства удаления влаги размещены необоснованно и устанавливаются часто за зоной конденсации и замерзания. Это обусловлено отсутствием учета влияния фазовых переходов при дросселировании газа на его температурный режим.

Из-за недостаточной осушки природного газа кристаллогидраты могут образовываться как на стволах скважин, коммуникациях и магистральных газопроводах, так и при его редуцировании, нарушая работу оборудования компрессорных станций, газораспределительных станций, выводят из строя контрольно-измерительные приборы и автоматику.

Рассмотрены проблемы надежности газопроводных систем из-за образования кристаллогидратных пробок в газопроводах. Проведенный анализ методов и устройств предотвращения образования кристаллогидратов и ликвидации уже существующих кристаллогидратных пробок показал, что для обеспечения нормируемых параметров транспортируемого газа необходимо проводить дополнительную очистку природного газа на газораспределительных станциях в зимний период от паров воды, капель конденсата и частиц кристаллогидратов.

Применяемые в настоящее время методы борьбы с кристаллогидратными пробками на магистральных газопроводах требуют значительных экономических затрат и недостаточно эффективно обеспечивают надежность работы газопроводов.

На кафедре «Теплогазоводоснабжение» ЮЗГУ предложена энергоэффективная конструкция установки комплексной очистки, которая обеспечивает дополнительную очистку природного газа на ГРС, увеличивает надежность защиты газопровода от закупорки гидратными образованиями и повышает эффективность системы газоснабжения в целом.

Ключевые слова: природный газ, кристаллогидраты, температура точки росы, осушка природного газа, водяной пар, конденсат, газораспределительная станция.

DOI: 10.21869/2223-1560-2017-21-3-68-74

Ссылка для цитирования: Щедрина Г.Г., Ежов В.С., Семичева Н.Е. Некоторые аспекты предотвращения образования кристаллогидратов на газораспределительных станциях // Известия Юго-Западного государственного университета. 2017. Т. 21, № 3(72). С. 68-74.

Природный газ, являясь высококачественным энергоносителем, может использоваться и как ценное химическое сырье в крупнейших отраслях промышленности. Кроме того, благодаря своим высоким экологическим характеристикам значительное количество газа потребляется и в коммунально – бытовом секторе жилищного хозяйства РФ. В нашей стране примерно половина поставок при-

родного газа приходится на энергетические компании и коммунальное хозяйство.

Одной из серьезных проблем, возникающих при добыче и транспортировке природного газа к потребителю, является обеспечение и поддержание нормированных параметров газовой среды.

Важнейшими показателями качества транспортируемого газа являются:

– температура точки росы по гидратам (TTR_T);

– температура точки росы газа по влаге (TTR_B);

– температура точки росы газа по жидким углеводородам (TTR_Y).

Таким образом, поддержание нормированного значения влагосодержания транспортируемого природного газа требует особого внимания. Несоблюдение данного условия приводит к образованию кристаллогидратных пробок в распределительных сетях газопроводов при отрицательных температурах наружного воздуха, что существенно осложняет газоснабжение потребителей в зимний период [1,2].

Данные многолетних наблюдений компрессорных станций, расположенных в различных климатических районах России, свидетельствуют о том, что давление природного газа значительно уменьшается перед потребителями из-за конденсации влаги, что приводит к снижению эксплуатационных показателей газопроводов и газоиспользующих агрегатов, использующих природный газ [3].

Из-за недостаточной осушки природного газа кристаллогидраты могут образовываться как на стволах скважин, коммуникациях и магистральных газопроводах, так и при его редуцировании, нарушая работу оборудования компрессорных станций, газораспределительных станций, на линейной части крановых узлов. Кроме этого они забивают импульсные трубки, выводя из строя контрольно-измерительные приборы и автоматику [4].

Гидраты представляют собой соединения, образующиеся в газопроводных системах при отрицательных температурах, которые образуются путём внедрения в пустоты кристаллических структур, составленных из молекул воды, молекул

газа. Гидраты углеводородных газов выглядят как белые кристаллы, напоминающие снегообразную кристаллическую массу. Твёрдые кристаллогидраты образуются при взаимодействии воды с метаном ($8CH_4 \cdot 46H_2O$ или $CH_2 \cdot 5,75H_2O$) и этаном ($8C_2H_6 \cdot 46H_2O$ или $C_2H_6 \cdot 5,75H_2O$). Гидраты являются нестабильными соединениями, которые при понижении давления и повышении температуры легко разлагаются на газ и воду [1].

Курская область расположена в климатической зоне, характеризующейся длительностью периода с отрицательной температурой наружного воздуха более 130 дней в году, что повышает вероятность образования твердых гидратов в трубопроводах и закупорок кристаллогидратными пробками.

В действительности, как показали исследования компрессорных станций в Курской области (КС-1 «Черемисиново, КС-2 «Курская КС-3, «Курская КС-4»), природный газ наряду с парообразной влагой, содержит жидкую фазу, а при отрицательных температурах – твердую. Наличие твердых и жидких частиц фазового превращения увеличивает общее количество конденсата [3,5,6].

Существующие методы осушки природного газа как на промыслах, так и на компрессорных станциях не всегда позволяют добиться нормированных значений степени осушки природного газа по влаге.

В настоящее время чаще всего применяют несколько способов предотвращения образования кристаллогидратных пробок в системах газоснабжения [2]. Одним из наиболее распространенных является ввод в газопровод ингибиторов – веществ, препятствующих гидратообразованию. В качестве ингибиторов приме-

няют метиловый спирт (метанол), раствор диэтиленгликоля (ДЭГ), триэтиленгликоля (ТЭГ) и хлористого кальция.

Ингибиторы, впрыскиваемые в газовый поток, частично поглощают водяные пары и переводят их в раствор, не образующий гидратов или образующий их при более низких температурах. Данный способ является наиболее эффективным, но имеет ряд недостатков: токсичность ряда применяемых ингибиторов и высокую стоимость. Он широко применяется на промыслах для предупреждения образования гидратов в сепараторах, теплообменниках и других дегидраторных аппаратах.

Некоторые авторы предлагают применять азеотропообразующие агенты, понижающие температуру кипения растворов сорбентов [7].

Широко используемый в технологических схемах подготовки газа метод, заключающийся в поддержании температуры газа выше температуры гидратообразования путём его предварительного подогрева на газовых промыслах, газораспределительных и компрессорных станциях, позволяет предотвратить обмерзание редуцирующих клапанов, кранов, регуляторов давления. Однако транспортировка природного газа по магистральным газопроводам приводит к значительному повышению энергозатрат.

Существует метод, позволяющий ликвидировать уже образовавшиеся кристаллогидратные пробки как при положительных температурах окружающего воздуха, так и при отрицательных. Вода, образовавшаяся при разложении гидратов, превращается в лед. Для разложения пробок в зоне их образования снижают давление ниже равновесного давления образования гидратов. Ликвидация кри-

сталлогидратных пробок осуществляется путём выпуска газа в атмосферу через продувочные свечи. Однако недостатком данного способа борьбы с кристаллогидратами является снижение расхода и объёма транспортируемого газа в газопроводе, поэтому он применим в аварийных случаях для разложения кристаллогидратов в газопроводе в сочетании с ингибиторами, так как в противном случае после повышения давления кристаллогидраты появляются вновь.

Процессы конденсации влаги и в особенности льдообразование интенсифицируют охлаждение природного газа за счет увеличения теплоотдачи потока. Анализ работы газораспределительных систем показывает, что применяемые устройства удаления влаги размещены необоснованно и устанавливаются часто за зоной конденсации и замерзания. Это обусловлено отсутствием учета влияния фазовых переходов при дросселировании газа на его температурный режим.

В этом случае конденсатоотводчики не выполняют своего назначения, а являются дополнительными источниками гидравлического сопротивления [3, 5, 6].

Проведенный анализ методов и устройств [8, 9] предотвращения образования кристаллогидратов и ликвидации уже существующих кристаллогидратных пробок [4] показал, что для обеспечения нормируемых параметров транспортируемого газа необходимо проводить дополнительную очистку природного газа в зимний период на газораспределительных станциях от паров воды, капель конденсата и частиц кристаллогидратов [3, 5, 6]. Такая очистка может осуществляться в установке для комплексной очистки газа, инновационная конструкция которой представлена на рисунке [10].

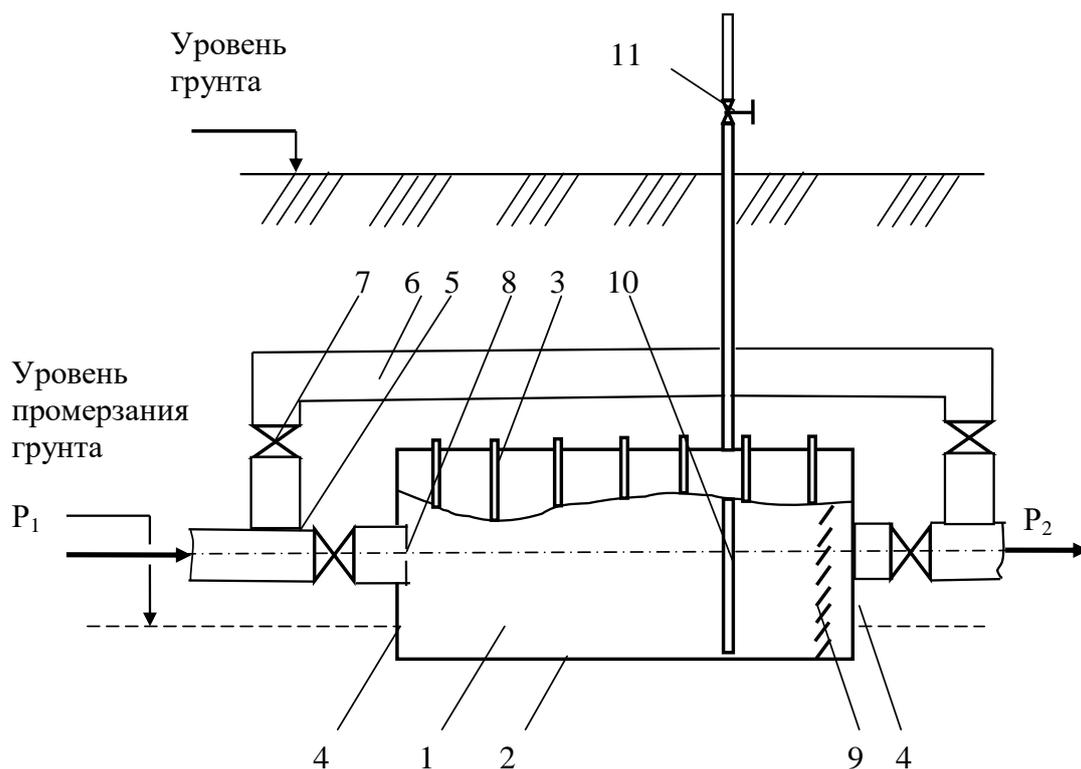


Рис. Установка комплексной очистки газа: 1 – конденсатосборник; 2 – горизонтальная обечайка; 3 – ребра жесткости; 4 – газопровод; 6 – байпас; 7 – запорная арматура; 8 – дроссельная шайба; 9 – сепарационная решетка; 10 – патрубок отбора конденсата; 11 – вентиль

Установка комплексной очистки газа работает следующим образом. Природный газ, движущийся по напорному газопроводу 5, попадает в конденсатосборник 1. После дроссельной шайбы 8, давление газа понижается от P_1 до P_2 , после чего в результате эффекта дросселирования, происходит его охлаждение и конденсация водяных паров. Капли конденсата вместе с газовым потоком ударяются о сепарационную решетку 9 и под действием силы тяжести оседают на дно конденсатосборника, которое расположено ниже уровня промерзания грунта, в результате чего не происходит замерзания конденсата. Удаление накопленного конденсата производится периодически через патрубок отбора конденсата 10.

Установка комплексной очистки может частично выполнять также и функции регулятора давления, поэтому ее же-

лательно размещать у входа в газораспределительную станцию (ГРС). Это позволит достичь максимально возможного падения давления при дросселировании газа в конденсатосборнике 1 и наибольшего снижения температуры газа, в результате чего, предотвращается образование кристаллогидратной пробки в регуляторе давления внутри ГРС и на выходе из ГРС.

Выводы

В результате недостаточной степени осушки в природном газе, поступающем в систему газоснабжения (особенно на выходе из ГРС), содержится парообразная и капельная влага, образующая при отрицательных температурах наружного воздуха кристаллогидратные пробки, что может привести к аварии в газораспределительной системе.

Применяемые в настоящее время методы борьбы с кристаллогидратными пробками на магистральных газопроводах требуют значительных экономических затрат и недостаточно эффективно обеспечивают надежность работы газопроводов.

Для повышения эффективности газораспределительных систем необходимо наряду с сорбционными методами осушки использовать дополнительную обработку природного газа на газораспределительной станции.

Авторами предложена энергоэффективная конструкция установки комплексной очистки, которая обеспечивает дополнительную очистку природного газа на ГРС от паров воды, капель конденсата и частиц кристаллогидратов, что, в свою очередь, увеличивает надежность защиты газопровода от закупорки гидратными образованиями и повышает эффективность системы газоснабжения в целом.

Список литературы

1. Макогон Ю.Ф., Саркисянц Г.А. Предупреждение образования гидратов при добыче и транспорте газа. М.: Недра, 1966. 187 с.
2. Истомина В.А., Квон В.Г. Предупреждение и ликвидация газовых гидратов в системах добычи газа. М.: ИРЦ Газпром, 2004. 508 с.
3. Щедрина Г.Г. Анализ и перспективы использования методов нормализации параметров природного газа // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно - строительного университета. 2016. Вып. № 2 (42). С.48-56.
4. Методы решения проблемы образования кристаллогидратов в системах газоснабжения / В.С.Ежов, Н.Е.Семичева, В.Г.Семеринов. Г.Г. Щедрина // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии. 2016. №1 (18). С. 165–169.
5. Щедрина Г.Г., Гнездилова О.А., Миргородова В.В. Энергоэффективные методы нормализации параметров природного газа // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии. 2012. № 2. Ч.2. С. 31-35.
6. Инновационные решения по повышению эффективности систем газоснабжения и климатотехники: монография / Н.С. Кобелев, Г.Г. Щедрина, А.В. Моржавин [и др.]. Курск, 2013. 187 с.
7. Даутов Т. Р., Магарил Р. З. Исследование и разработка новой технологии осушки газа // Известия вузов. Нефть и газ. 2009. N 5. С. 103107
8. Пат. 2463514 Российская Федерация, МПК F 17 D 1/04. Газораспределительная станция / Емельянов С.Г., Кобелев Н.С, Ежов В.С., Журавлев А.Ю., Якушев А.С.; заявитель и патентообладатель Юго-Западный гос. ун-т. № 2011129171/06; заявл. 13.09.2011; опубл. 10.10.2012. Бюл. № 28. 9 с.
9. Пат. 2316693 Российская Федерация, МПК F 17 D 1/04, F 17 D 1/04 Газораспределительная станция / Кобелев Н.С., Ежов В.С, Емельянов С.Г., Щедрина О.Ю., Семичева Н.Е. [и др.]; заявитель и патентообладатель Юго-Западный гос. ун-т. № 2006127211/06; заявл. 13.09.2011; опубл. 10.10.2012, бюл. №28. С.6.
10. Пат. 2363881 Российская Федерация, МПК F 17 D 1/02 Установка для комплексной очистки газа / Ежов В.С, Рагулин С.М., Кобелев Н.С. заявитель и патентообладатель Юго-Западный гос. ун-т. № 2007124540/06; заявл. 17.09.2007; опубл. 10.08.2009, бюл. №22. 5 с.

Поступила в редакцию 10.04.17

UDC 629.063.2

V. S. Ezhov, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Southwest State University (Kursk, Russia) (e-mail: vl-ezhov@yandex.ru)

G. G. Shchedrina, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Southwest State University (Kursk, Russia) (e-mail: tgv-kstu6@yandex.ru)

N.E. Semicheva, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Southwest State University (Kursk, Russia) (e-mail: nsemicheva@yandex.ru)

SOME ASPECTS OF PREVENTION OF CRYSTALLINE HYDRATES FORMATION AT GAS DISTRIBUTION STATIONS

The existing methods for natural gas dehydration both in fields and at compressor stations cannot always provide standardized values of natural gas dehydration.

The analysis of operation of gas distribution systems shows that dehydration units are improperly placed and are often installed out of condensation and freezing zones. This is due to the lack of consideration of phase transitions impact in gas throttling on its temperature condition.

Due to insufficient natural gas dehydration, crystalline hydrates can be formed on wellbores, distribution lines and main gas pipelines and at its reduction, disturbing the operation of the equipment of compressor stations, gas distribution stations, deranging instrumentation and automation.

The issues of reliability of gas pipeline systems considering the formation of crystalline hydrate plugs in pipelines have been studied. The analysis of the methods and devices preventing hydrates formation and eliminating existing crystalline hydrate plugs has shown that to provide normalized parameters of the transported gas it is necessary to perform additional water vapor, condensate drops and crystalline hydrate particles removal from natural gas at gas distribution stations during winter months.

Currently applied methods used to deal with crystalline hydrate plugs in main gas pipelines require significant expenses and do not effectively ensure the reliability of pipelines operation.

An energy-efficient design of an integrated treatment unit which provides an additional natural gas treatment at GDS, increases the reliability of gas pipelines protection against hydrate blockage and improves the efficiency of gas supply systems as a whole have been proposed at the Department of Heat and Gas Supply and Ventilation of the SWSU.

Key words: *natural gas, crystalline hydrates, dew point temperature, natural gas dehydration, water vapor, condensate, gas distribution station.*

DOI: 10.21869/2223-1560-2017-21-3-68-74

For citation: Ezhov V. S., Shchedrina G. G., Semicheva N.E. Some Aspects of Prevention of Crystalline Hydrates Formation at Gas Distribution Stations, Proceeding of Southwest State University, 2017, vol. 21, no. 3(72), pp. 68-74 (in Russ.).

Reference

1. Makogon Ju.F., Sarkis'janc G.A. *Pre-duprezhdenie obrazovaniya gidratov pri do-byche i transporte gaza*. M.: Nedra, 1966. 187 s.

2. Istomin V.A., Kvon V.G. *Preduprezhdenie i likvidacija gazovyh gidratov v sistemah dobychi gaza*. M.: IRC Gaz-prom, 2004. 508 s.

3. Shhedrina G.G. *Analiz i perspektivy ispol'zovaniya metodov normalizacii parametrov prirodnogo gaza // Nauchnyj vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo arhitekturno - stroitel'nogo universiteta*. 2016. Vyp. № 2 (42). S.48-56.

4. Metody reshenija problemy obrazovaniya kristallogidratov v sistemah gazosnabzhenija / V.S.Ezhov, N.E.Semicheva, V.G.Semerinov. G.G. Shhedrina // Izvestija Jugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Serija: Tehnika i tehnologii. 2016. №1 (18). S. 165–169.

5. Shhedrina G.G., Gnezdilova O.A., Mirgorodova V.V. Jenergojeffektivnye metody normalizacii parametrov prirodno gaza // Izvestija Jugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Serija: Tehnika i tehnologii. 2012. № 2. Ch.2. S. 31-35.

6. Innovacionnye reshenija po povysheniju jeffektivnosti sistem gazosnabzhenija i klimatotehniki: monografija / N.S. Kobelev, G.G. Shhedrina, A.V. Morzhavin [i dr.]. Kursk, 2013. 187 s.

7. Dautov T. R., Magaril R. Z. Issledovanie i razrabotka novoj tehnologii osushki gaza // Izvestija vuzov. Neft' i gaz. 2009. N 5. S. 103–107.

8. Pat. 2463514 Rossijskaja Federacija, MPK F 17 D 1/04. Gazoraspredivitel'naja stancija / Emel'janov S.G., Kobelev N.S., Ezhov V.S., Zhuravlev A.Ju., Jakushev A.S.; zajavitel' i patentoobladatel' Jugo-Zapadnyj gos. un-t. № 2011129171/06; zajavl. 13.09.2011; opubl. 10.10.2012. Bjul. № 28. 9 s.

9. Pat. 2316693 Rossijskaja Federacija, MPK F 17 D 1/04, F 17 D 1/04 Gazoraspredivitel'naja stancija / Kobelev N.S., Ezhov V.S, Emel'janov S.G., Shhedrina O.Ju., Semicheva N.E. [i dr.]; zajavitel' i patentoobladatel' Jugo-Zapadnyj gos. un-t. № 2006127211/06; zajavl. 13.09.2011; opubl. 10.10.2012, bjul. №28. S.6.

10. Pat. 2363881 Rossijskaja Federacija, MPK F 17 D 1/02 Ustanovka dlja kompleksnoj ochistki gaza / Ezhov V.S, Ragulin S.M., Kobelev N.S. zajavitel' i patentoobladatel' Jugo-Zapadnyj gos. un-t. № 2007124540/06; zajavl. 17.09.2007; opubl. 10.08.2009, bjul. №22. 5 s.