

Модернизация алгоритма работы узла подачи метанола установки комплексной подготовки газа

К.В. Павлов

инженер 2-й категории¹, аспирант²
kir12pavlv@gmail.com

¹ПАО «ВНИПИгаздобыча» Уренгойский филиал, Новый Уренгой, Россия

²ФГБОУ ВПО «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники», Томск, Россия

В статье представлено решение по предотвращению гидратообразования на начальном этапе обработки газа путем модернизации алгоритма работы узла подачи метанола на установке комплексной подготовки газа.

Материалы и методы

Программное обеспечение для проектирования — КОМПАС-3D.

Ключевые слова

Крайний Север, переработка газа, гидратообразование, метанол

Процесс разработки большинства газовых и газоконденсатных месторождений осложняется образованием газовых гидратов в технологических системах сбора и промышленной подготовки природного газа. Особую остроту проблема льдо- и гидратообразования приобретает на месторождениях Крайнего Севера Западной Сибири, где разработка ведётся в сложных условиях распространения многолетних и мёрзлых пород, при низких пластовых температурах в суровых климатических условиях.

Традиционным, основным и наиболее эффективным методом борьбы с гидратообразованием в газовой промышленности является использование метанола (метилового спирта) в качестве ингибитора гидратообразования, который также является сильным ядом [1].

Высокая токсичность метанола и его пожароопасность обуславливают необходимость строгого соблюдения требований техники безопасности, что практически сводит к минимуму возможность отравлений метанолом подготовленного технического персонала. Тем не менее, всегда существует вероятность аварии на любом этапе применения метанола на том или ином объекте газовой промышленности, и, в результате — разливы

метанола, загрязнение окружающей среды и отравление персонала.

Геоэкологические риски, связанные с возможными сбросами и выбросами (загрязнениями) метанола в окружающую среду, в том числе и при возможном возникновении аварийных ситуаций и их последствий — выходом из строя оборудования и потерь газа в атмосферу, необходимо прогнозировать и контролировать с помощью нормирования расхода, сбросов и выбросов метанола на объектах добычи, подготовки и транспорта природного газа [2].

В технологическом процессе обработки поступающего природного газа на объектах ООО «Газпром добыча Уренгой» применяется система контроля использования метанола, регламентируемая различными инструкциями. Она основана на методике нормирования расхода метанола и определения выбросов его паров от объектов производства, допускающей предельную концентрацию метанола в воздухе рабочей зоны или населенных мест, ориентированную на токсикологический показатель вредности или рефлекторную реакцию организма.

В связи с развитием газовой промышленности России до 2030 г., разработкой Валанжинских, Ачимовских залежей, освоением

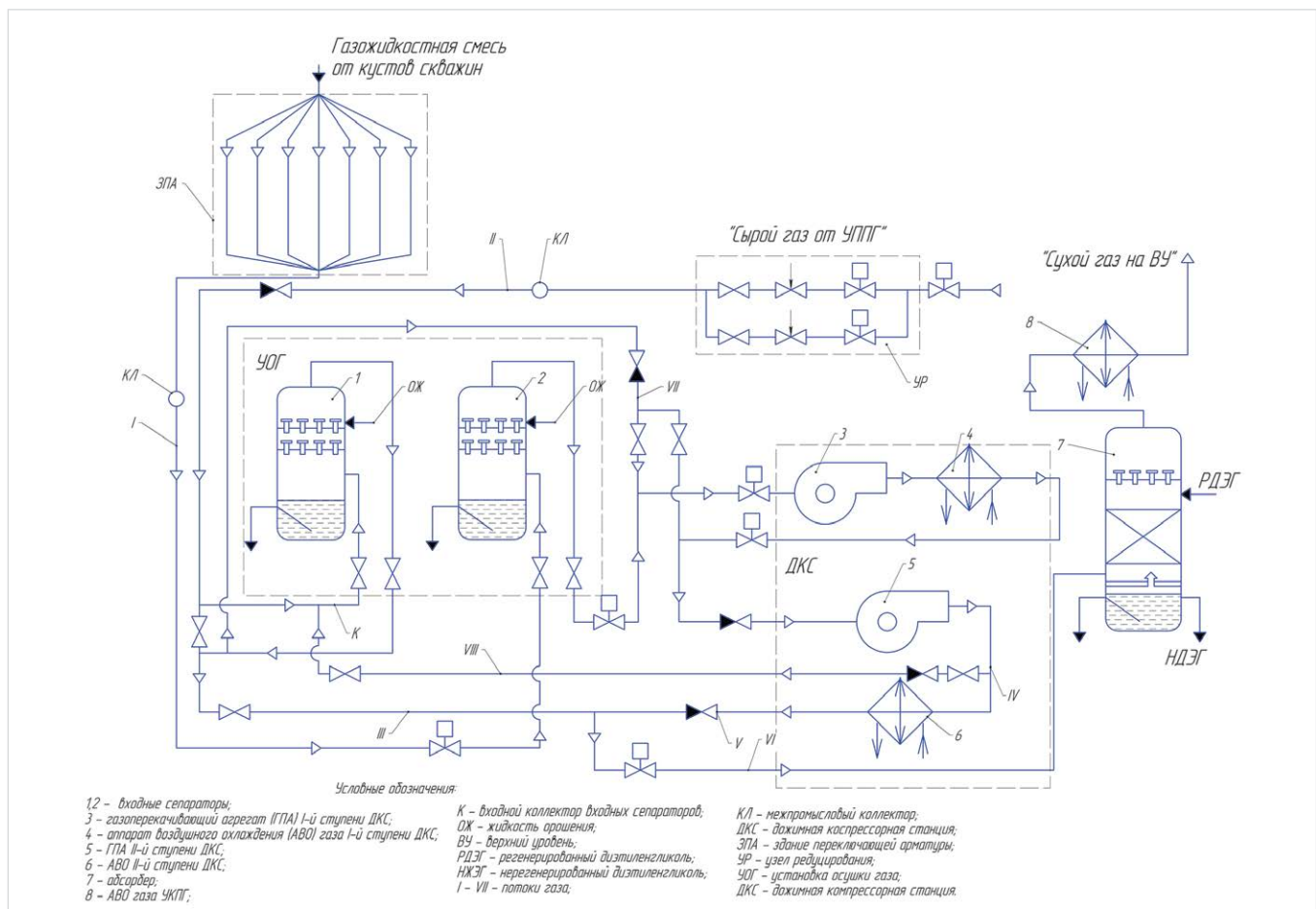


Рис. 1 — Схема промышленной подготовки газа

месторождений полуострова Ямал, Обской и Тазовской губ планируется увеличение роста потребления метанола почти в 4 раза, что составит более 1 млн т в год. Поэтому данный реагент необходимо использовать рационально и экономно с уменьшением вреда для экологии [3].

В результате изучения технической документации и производственного процесса газового промысла был выявлен участок, нуждающийся в модернизации. Проблема узла заключается в постоянном одинаковом режиме работы системы, при котором не регулируется подача метанола. На основании проведённого обзора существующих решений и анализа параметров приборов разработан алгоритм работы системы регулирования подачи метанола.

При прогнозируемом росте добычи газа в Арктической зоне Российской Федерации на ближайшие десятилетия, а, следовательно, и увеличении объёмов использования реагента для предотвращения процесса гидратообразования, данное решение регулирования подачи метанола является эффективным.

На рис. 1 представлена схема промысловой подготовки газа к дальнейшему транспорту.

На магистрали до ее разделения установлен интеллектуальный датчик давления, предназначенный для непрерывного преобразования в унифицированный токовый выходной сигнал и/или цифровой сигнал в стандарте протокола HART (Highway Addressable Remote Transducer Protocol — цифровой промышленный протокол передачи данных) входной измеряемой величины.

Также в ЗПА подведена труба от емкости с метанолом, на которой установлен регулирующий клапан с электрическим приводом. Второй регулирующий клапан установлен на трубе подачи газа в цех очистки газа (ЦОГ). Клапан работает в одном режиме и подает метанол в одинаковом количестве.

Все интеллектуальные приборы подключены к модулям контроллера в устройство сопряжения с объектом (УСО).

В настоящее время применяется система подачи метанола, действующая в режиме «ЗИМА/ЛЕТО». Операторы вручную производят смену режимов и задают новые параметры. В результате такого подхода реагент подаётся в шлейф газа с одинаковой дозировкой длительной промежуток времени.

Порция газа со скважины поступает на узел подачи метанола. Клапан, отвечающий за отправку газа в ЦОГ, открыт постоянно, в связи с чем газ постоянно движется. По метанолопроводам постоянно производится подача реагента. После операции газ с данной порцией метанола перекачивается в ЦОГ [4].

Основные факторы, влияющие на количество подачи метанола, зависят от постоянных параметров температуры внешней среды и давления порции пришедшего газа.

Следовательно, необходимо обеспечить управление узлом для контроля подачи метанола с целью его рационального использования и повышения безопасности производственного процесса.

В результате поиска решений регулирования подачи метанола для борьбы с гидратообразованием на газовых промыслах был проведен обзор патентов на сайте ФИПС [5].

Определена страна поиска — Россия, в которой более 30 лет добывается около четверти мировых запасов газа, накоплен практический опыт применения метанола, в том числе в экстремальных условиях Крайнего Севера. Глубина поиска составляет 15 лет. Ключевые слова поиска: узел подачи метанола (найден 41 документ), управление подачей реагента (найден 117 документов), схема управления узлом подачи (найден более 200 документов). Эти слова делают более конкретным поиск решений для данного проекта.

Результаты поиска наиболее близких решений занесены в таб. 1.

Обзор патентных решений показал, что метод, необходимый для автоматизации узла подачи метанола не выявлен.

Для разработки схемы функциональной установки было применено программное обеспечение для проектирования — КОМПАС-3D.

После разработки системы управления узлом подачи метанола схема функциональной установки будет состоять из следующих частей (рис. 2):

- часть полевых устройств — в неё входят термопреобразователь, датчик давления, расходомер, клапана и трубопроводы. Устройства подключены к клеммной коробке;
- часть УСО — в неё входят модули контроллера для подключения приборов, блок питания. Модули контроллера подключены к терминальной панели.

Взаимодействие приборов и модулей контроллера осуществляется через подключение клеммной коробки и терминальной панели друг к другу.

Название	Номер публикации	Патенто-обладатель	Описание
Установка для дозированной подачи реагента	2368761	Шангин Виктор Львович	Изобретение относится к нефтедобывающей промышленности, в частности, к устройствам для подачи химических реагентов. Установка содержит крытое помещение в виде негерметичного контейнера. Данное устройство не удовлетворяет параметрам для проекта, в связи с большими габаритами и конструированием новых элементов. <i>Установка является комплексным оборудованием, что можно считать недостатком по сравнению с предлагаемой полезной моделью. К недостаткам можно отнести требующие отдельной сборки конструкцию, монтаж и наладку оборудования и общее место установки готового устройства.</i>
Установка для дозированной подачи жидкого химического реагента	2312208	Хазиахметов Ренат Саниахметович	Изобретение относится к нефтедобывающей промышленности и может найти применение для дозированной подачи жидких ингибиторов. По функциональной части установка выполняет почти все необходимые функции, но она рассчитана на перекачку реагента напрямую из емкости, которую необходимо своевременно заполнять. Отсутствует коммуникация с контроллером и имеется необходимость конструировать установку отдельно от системы. Данное устройство не удовлетворяет параметрам для проекта <i>Устройство является полноценно новым монтируемым оборудованием, что потребует корректировки технологического процесса в связи с его внедрением. Недостатками являются крупные габариты установки, монтаж и наладка оборудования. Требуется место дополнительное в технологическом цеху для установки готового устройства.</i>
Способ непрерывной дозированной перекачки жидкого химреагента и установка для его осуществления	2364706	Общество с ограниченной ответственностью Научно-производственное предприятие «Новые технологии»	Способ включает перекачку жидкости по гидрوليнии насосом из емкости через гидрораспределитель. Данный метод осуществляет дозированную подачу жидкого реагента, но он основан на насосах и поршнях. Отсутствуют приборы для измерения и контроля, большие габариты исполнения. Данное устройство не удовлетворяет параметрам для проекта. <i>Способ является полноценно новым технологическим. Отсутствуют приборы для измерения и контроля, большие габариты исполнения. Требуется монтаж дорогостоящего оборудования.</i>

Таб. 1 — Обзор наиболее близких патентных решений

Три прибора установлены в ЗПА на узле ввода шлейфа. Регулярно считывается информация о поступившей порции газа со скважины. Сигналы поступают на контроллер о температуре газа, температуре окружающей среды, давлении жидких примесей и количестве газа. Контроллер преобразует аналоговые сигналы с датчиков в цифровой вид. На основе проделанных расчетов контроллер подает команду на кран (А8) о степени открытия клапана для подачи метанола из емкости. Данные расчёты обеспечивают строгое регулирование количества используемого метанола [6].

Программное обеспечение модулей исполняется на трех уровнях:

1) На уровне модулей ввода/вывода действует программа обработки входных/выходных сигналов системы (фильтрация, буферизация, LBD-логика, цифровые интерфейсы, диагностика), загруженная в энергонезависимую память EPROM.

2) На уровне полевых процессорных модулей под управлением встроенной операционной системы выполняется прикладная программа системы управления.

3) На уровне рабочих станций выполняется программное обеспечение (ПО) человеко-машинного интерфейса (ЧМИ), ПО архивирования событий системы, конфигурирования системы и прикладного ПО (базы данных), ПО для связи с системами верхнего уровня.

Предложенное улучшение алгоритма работы системы основано на изучении технологического процесса установки комплексной подготовки газа, выявлении проблемы узла подачи метанола и его модернизации, исходя из личного производственного опыта работы на объекте (рис. 3).

Для расчета количества подачи метанола применена инструкция по расчету нормативов потребления метанола для использования в расчетах предельно допустимых или

временно согласованных сбросов метанола для объектов ПАО «Газпром» [7]. Используются исходные данные, представляющие собой средние показатели работы узла подачи метанола за один месяц работы, указанные в таб. 2.

Значение $G = 500$ подается при длительном режиме работы «ЗИМА». Путем расчетов необходимо меньшее и достаточное значение количества метанола с использованием дополнительных данных с новых приборов.

Расчетная зависимость для определения удельного расхода метанола, вводимого в поток газа в конкретной точке, имеет вид [7]:

$$G = (\Delta W \times C) / (C_1 - C_2) + (100 - C_1) \times (q_{Г1} - q_{Г2} + q_{К1} - q_{К2}), \quad (1)$$

где ΔW — количество содержащейся в газе (или конденсате) жидкой воды, кг/1000 м³;

C_2 — требуемая для предотвращения гидратообразования минимально необходимая концентрация метанола в водной фазе, % мас.;

C_1 — концентрация закачиваемого в газ метанола (обычно 90...95 % мас.);

$q_{Г1}$ — количество метанола, содержащегося в поступающем газе в растворенном виде, кг/1000 м³ ($q_{Г1}=0,49$; $q_{Г1}=0,45$; $q_{Г1}=0,51$; $q_{Г1}=0,48$; $q_{Г1}=0,51$); (взяты средние показатели за несколько часов работы)

$q_{Г2}$ — количество метанола, растворяющегося в газовой фазе при его концентрации в водном растворе C_2 , кг/1000 м³ ($q_{Г2}=0,25$; $q_{Г2}=0,25$; $q_{Г2}=0,32$; $q_{Г2}=0,2$; $q_{Г2}=0,3$);

$q_{К1}$ — количество метанола, содержащегося в поступающем с газом углеводородном конденсате, кг/1000 м³ ($q_{К1}=0,2$; $q_{К1}=0,17$; $q_{К1}=0,167$; $q_{К1}=0,4$; $q_{К1}=0,34$);

$q_{К2}$ — количество метанола, растворяющегося в углеводородном конденсате при концентрации водометанольного раствора C_2 , кг/1000 м³ ($q_{К2}=0,19$; $q_{К2}=0,24$; $q_{К2}=0,335$; $q_{К2}=0,35$; $q_{К2}=0,36$).

Наименование	Значение
Значение пластового давления, $P_{пл}$	10 МПа
Температура пласта, $t_{пл}$	31 °С
Давление газа в конце шлейфа, $P_{газа}$	4,9 МПа
Средняя температура газа по прибытии в ЗПА, $t_{газа}$	5 °С
Температурный коэффициент превышения	5,77
Молекулярная масса метанола, M	32
Константа Гаммершмидта	1295
Коэффициент зависящий от типа раствора метанола, K	1220
Максимальное значение порции подачи метанола, G , кг/тыс.м ³	500

Таб. 2 — Исходные данные

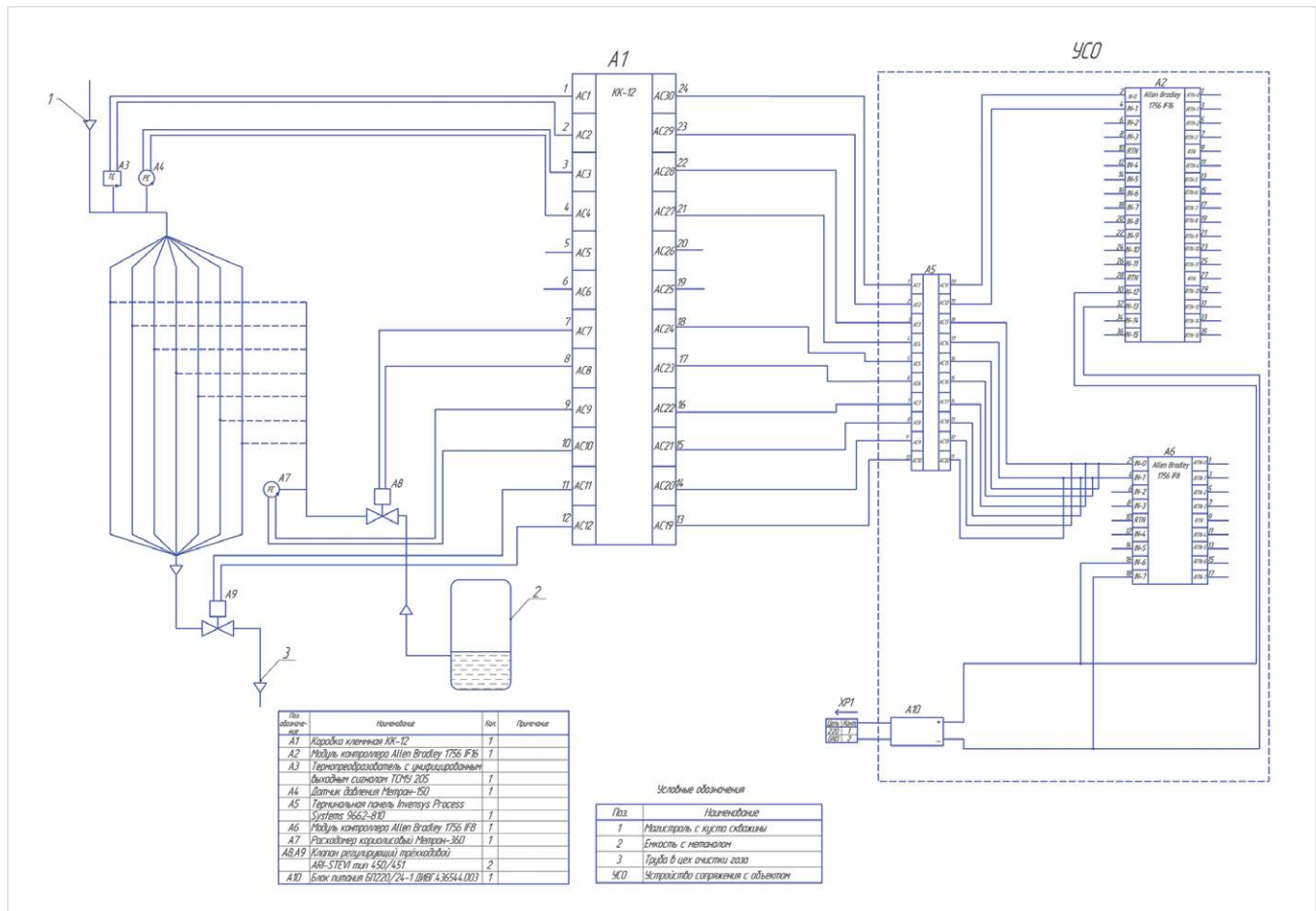


Рис. 2 — Функциональная схема установки

Равновесное содержание метанола в газовой фазе над водометанольным раствором определяется из выражения 2 [7]:

$$q_r = (5,77 \times C_2) / (1600 - 5 \times C_2) M_p, \quad (2)$$

где 3,2 — значение M_p , г/м³, для $P = 4,9$ МПа и $t = 5$ °С.
 $q_r = (5,77 \times 3) / (1600 - 5 \times 3) 3,2 = 0,035$ кг/1000 м³

Значение концентрации метанола в водном растворе, обеспечивающей заданное снижение температуры, определяется по преобразованной формуле Гаммершмидта [7]:

$$C_2 = (32 \times \Delta t) 100\% / (32 \times \Delta t + 1295), \quad (3)$$

где 32 — молекулярная масса метанола;

1295 — константа Гаммершмидта.

$$C_2 = (32 \times 2,944) \times (100\% / (32 \times 2,944 + 1295)).$$

Рассчитанное значение концентрации метанола в водном растворе для обеспечения заданного снижения температуры $C_2 = 1,857$ % мас. С учетом необходимого на практике запаса принимаем к дальнейшему расчету значение $C_2 = 3$ % мас.

Найденные значения C_2 и q_r применимы для расчета при различном содержании в газе жидкой водной фазы. Количество поступающей с газом воды при водопроявлении скважин определяется замером. Замеренное количество воды превышает количество конденсирующейся влаги и составляет 0,75 кг/м³.

Количество воды в жидкой фазе определяют по формуле 4 [7]:

$$W = b_1 - b_2 + \Delta b, \quad (4)$$

где b_1 — влагосодержание газа в начальной точке системы, 0,75 кг/1000 м³;

b_2 — влагосодержание газа в расчетной точке системы, 0,47 кг/1000 м³;

Δb — количество капельной влаги в газе в начальной точке системы, 0,23 кг/1000 м³.

$$W = 0,75 - 0,47 + 0,23 = 0,51 \text{ кг/м}^3.$$

Количество содержащейся в газе или конденсате жидкой воды определяется по уравнению 5 [7]:

$$\Delta W = W_1 - W_2 (1 - (5,77 \times C_2 / (1600 - 5 \times C_2))), \quad (5)$$

где W_1 — количество содержащейся в газе жидкой воды в начальной точке системы;

W_2 — количество содержащейся в газе жидкой воды в конечной точке системы.

$$\Delta W = 0,75 - 0,51 (1 - (5,77 \times 3) / (1600 - 5 \times 3)) = 0,246 \text{ кг/1000 м}^3$$

Массовая доля ингибитора в исходном растворе (X_1) относится к известным параметрам системы, а в отработанном растворе (X_2) зависит от требуемого понижения температуры гидратообразования газа, природы самого вещества и определяется по формуле 6 [7]:

$$X_2 = M \times \Delta t / K + M \times \Delta t, \quad (6)$$

где M — молекулярная масса ингибитора ($M = 32$);

K — коэффициент, зависящий от типа раствора ($K = 1220$);

Δt — требуемое снижение температуры гидратообразования.

$$X_2 = (32 \times 0,77) / (1200 + 32 \times 0,77) = 0,072$$

Параметры гидратообразования газа по уравнению таковы 7 [7]:

$$t_{\text{гидр}} = 273,15 (\lg P - 0,415) / (13,71 - \lg P), \quad (7)$$

$t_{\text{гидр}} = 7,944$ °С.

Требуемое снижение температуры гидратообразования составляет:

$$\Delta t = t_{\text{гидр}} - t_{\text{газа}}, \quad (8)$$

$\Delta t = 7,944 - 5 = 2,944$ °С

Сравнительные значения расхода метанола представлены в таб. 3, 4.

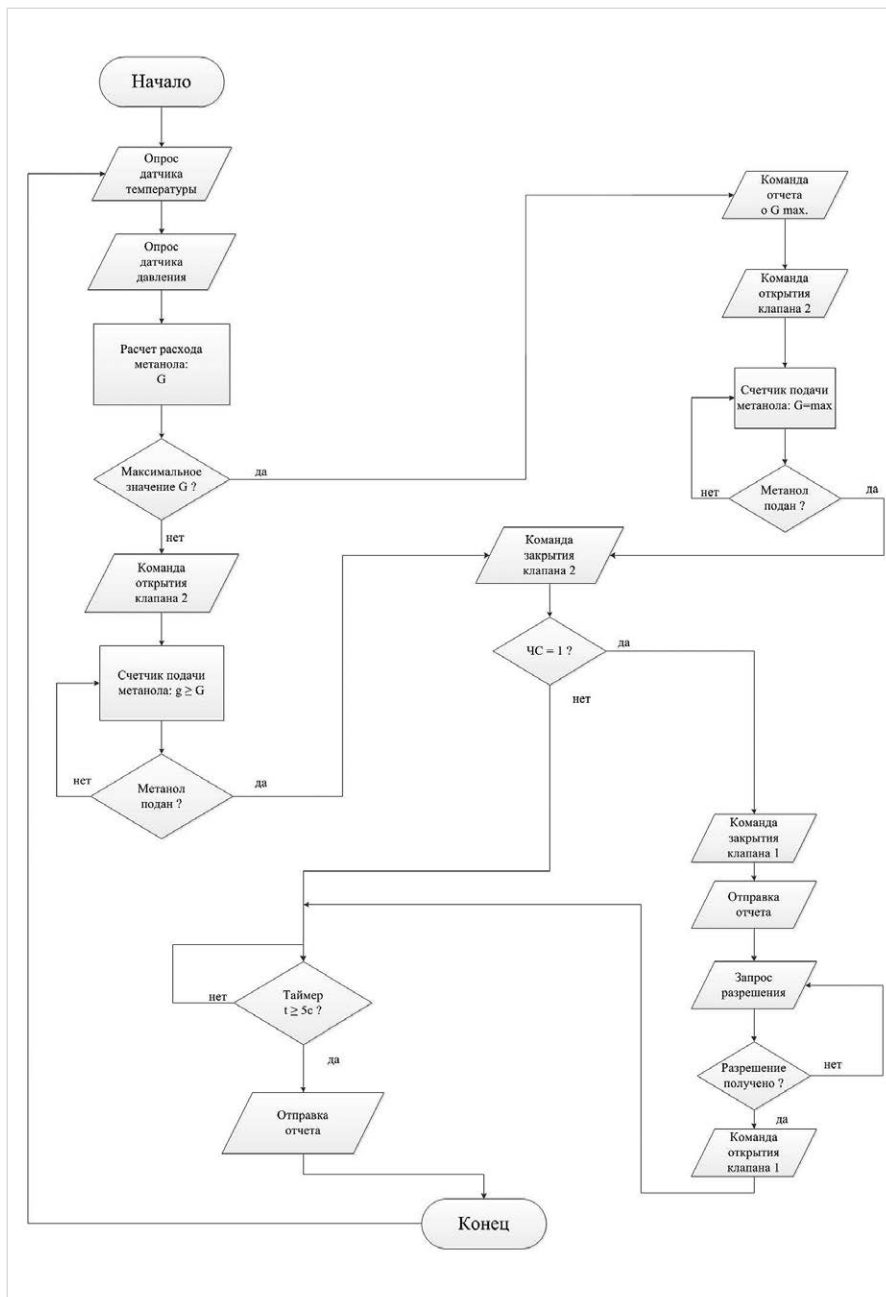


Рис. 3 — Алгоритм работы установки

Количество добычи газа Q_r , тыс.м ³ /сут.	Длина шлейфа L, км	Температура окружающей среды t_{oc} , °С	Расход ингибитора G, кг/тыс.м ³
5,71	10	0	0,300
		- 35	0,500

Таб. 3 — Текущий расход метанола при старом режиме «ЗИМА/ЛЕТО»

Количество добычи газа Q_r , тыс.м ³ /сут.	Длина шлейфа L, км	Температура окружающей среды t_{oc} , °С	Расход ингибитора G, кг/тыс.м ³
5,71	10	- 10	0,202
		0	0,138
		+ 10	0,023
		- 35	0,351
		- 20	0,266

Таб. 4 — Расчетные параметры расхода метанола после разработки системы управления узлом подачи метанола

Итоги

Предложена модернизация узла подачи метанола путем внедрения нового оборудования и корректировки алгоритма работы системы.

Выводы

- 1) В результате модернизации алгоритма работы системы произойдет снижение расхода ингибитора гидратообразования — в зимний период работы установки на ~25–30%, в летний период ~50%.
- 2) Финансовые затраты на закупку и монтаж нового оборудования компенсируются дальнейшей экономией расходов на метанол.
- 3) Предложенный алгоритм работы и проведенные расчеты показывают эффективность и целесообразность модернизации узла подачи метанола, которая повысит безопасность производства — уменьшит концентрацию в воздухе рабочей зоны паров опасного реагента, а также позволит сэкономить финансовые и трудовые ресурсы.

Список литературы

1. Бухгалтер Э.Б. Предупреждение и ликвидация гидратообразования при подготовке и транспорте нефтяного и природного газов // Нефтепромышленное дело. 1982. № 10 (34). 41 с.
2. Бухгалтер Э.Б. Метанол и его использование в газовой промышленности. М.: Недра, 1986. 238 с.
3. Грунвальд, А.В. Рост потребления метанола в газовой промышленности России и геоэкологические риски, возникающие при его использовании в качестве ингибитора гидратообразования // Нефтегазовое дело. 2007. №2. С. 2–25.
4. Технический регламент установки комплексной подготовки газа 1 АС газоконденсатного промысла Уренгойского газоконденсатного

- месторождения ООО «Газпром добыча Уренгой»: Технологический регламент УКПГ 1АС / ООО «Газпром добыча Уренгой», 2011. 151 с.
5. Федеральное государственное бюджетное учреждение Федеральный институт промышленной собственности. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www1.fips.ru/wps/wcm/connect/content_ru/ru (Дата обращения: 16.02.2016)
 6. Пахуда Р.Н., Шевцов В.И. Автоматизация измерений и контроля: Письменные лекции. СПб.: СЗТУ, 2002. 75 с.
 7. ВРД 39-1.13-010-2000 Инструкция по расчету нормативов потребления метанола для использования в расчетах предельно допустимых или временно согласованных сбросов метанола для объектов ОАО «Газпром».

ENGLISH

AUTOMATION

Modernization of the operational algorithm of the node supplying methanol in the complex gas preparation facility

UDC 65.011.56

Author:

Kirill V. Pavlov — 2nd category engineer¹, post-graduate²; kir12pavlv@gmail.com

¹PJSC "VNIPIgazdobycha" Urengoy branch, Novy Urengoy, Russian Federation

²VPO "Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics", Tomsk, Russian Federation

Abstract

The article presents a solution to prevent hydrate formation at the initial stage of the gas processing by upgrading the operational algorithm of the node supplying methanol in the complex gas preparation facility.

Materials and methods

Software for designing — KOMPAS-3D.

Results

A modernization of the node supplying

methanol through the introduction of new equipment and adjustment of the system operational algorithm is presented.

Conclusions

- 1) As a result of the modernization of the system algorithm will decrease the flow of the hydration inhibitor.
- 2) Financial expenses for the purchase and installation of new equipment are compensated by further savings in costs of methanol.

- 3) The proposed algorithm and calculations show the efficiency and feasibility of the methanol supply unit upgrade, which will enhance the safety of production — reduce the concentration in the working zone air of dangerous reagent vapor, and will save financial and human resources.

Keywords

Far North, processing of gas, hydration, methanol

References

1. Bukhgalter E.B. *Preduprezhdenie i likvidatsiya gidratoobrazovaniya pri podgotovke i transporte nefryanogo i prirodnogo gazov* [Prevention and elimination of hydrate formation in the preparation and transportation of oil and natural gas]. *Neftepromyslovoe delo*, 1982, issue 10 (34), p. 41.
2. Bukhgalter E.B. *Metanol i ego ispol'zovanie v gazovoy promyshlennosti* [Methanol and its use in the gas industry]. Moscow: Nedra, 1986, 238 p.
3. Grunval'd, A.V. *Rost potrebleniya metanola v gazovoy promyshlennosti Rossii i geoekologicheskie riski, vznikayushchie pri ego ispol'zovanii v kachestve ingibitora gidratoobrazovaniya* [The growth of methanol consumption in the Russian gas industry and geo-ecological risks associated with its use as an inhibitor of hydrate formation]. *Oil and Gas Business*, 2007. Issue 2, pp. 2–25.
4. Technical Regulations of a complex gas preparation facility1 AU fishing Urengoy gas condensate field of LLC "Gazprom mining Urengoy": Operational schedules GPP 1AS / LLC "Gazprom mining Urengoy", 2011, 151 p.
5. Federal State Institution Federal Institute of Industrial Property Available at: http://www1.fips.ru/wps/wcm/connect/content_ru/ru (Accessed 16 February 2016)
6. Pakhuda, R.N., Shevtsov, V.I. *Avtomatizatsiya izmereniy i kontrolya: Pis'mennye lektsii* [Automation of measurement and control: Writing lectures]. St. Petersburg: SZTU, 2002, 75 p.
7. WFD 39-1.13-010-2000 Instructions on the calculation of methanol consumption standards for use in the estimation of the maximum permissible or temporarily agreed discharges of methanol from the facilities of "Gazprom".