

УДК 532.546:621.646

**ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ ОТЛОЖЕНИЙ ГАЗОГИДРАТА
В РЕГУЛИРУЮЩИХ КЛАПАНАХ
ПУТЕМ ИЗМЕНЕНИЯ ИХ КОНСТРУКЦИИ**

**THE PREVENTION OF THE DEPOSITS OF GASHYDRATE
IN THE CONTROL VALVES BY CHANGING THEIR CONSTRUCTION**

Махиянова А.Ф.

ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный нефтяной технический университет»,
г. Уфа, Российская Федерация

A.F. Makhiyanova

FSBEI NPE “Ufa state petroleum technological university”, Ufa, Russian Federation

e-mail: A_Mahiyanova@ygd.gazprom.ru

Аннотация. Образование и существование газогидратов обуславливают три фактора: температура, давление и наличие в газовой среде капельной воды. Поэтому предупреждение или устранение газогидратных структур сводится к исключению одного из этих факторов. Ограничение взаимного перемешивания газа и воды, то есть турбулизации потока, является частичным решением по исключению третьего фактора. Тем не менее, в некоторых случаях данный прием оказывается единственным решением проблемы, например, при прохождении потока газа через регулятор расхода.

В статье приведены экспериментальные данные о работе двух регулирующих клапанов КРУ и КРЭ, в первом из которых поток газа проходит сильно турбулизированным, а во втором – линейно, без перемешивания газа и воды. Результаты оказались разительными: КРУ со временем теряет свою стабильную работу, а КРЭ свою характеристику сохраняет практически стабильно.

Клапан КРЭ обладает высокой точностью регулирования благодаря его конструктивной внутренней регулировочной характеристике, исключающей накопление газогидрата в нем. В автоматическом режиме при заданном давлении до клапана наблюдается наиболее стабильная работа КРЭ. При гидратообразовании, что проявляется в увеличении заданного давления до КРЭ, автоматика подает сигнал на открытие, в результате чего, происходит срыв гидрата и восстановление работы по заданному параметру, при этом температура и давление остаются постоянными. В автоматическом режиме при заданном расходе, в случае изменения давления в коллекторе происходят колебания режима, но клапан стабильно поддерживает требуемый расход.

При среднем расходе метанола 930 л/месяц при работе КРУ, на КРЭ расход составил 480 л/месяц, что показывает на снижение газогидратного накопления в клапане КРЭ. Таким образом, исследования доказали, что клапан КРЭ отличается эффективностью, экономичностью, точностью и плавностью регулирования за счет отсутствия накопления гидратов внутри клапана.

Abstract. Formation and existence of gashydrates cause three factors: temperature, pressure and the presence in the gaseous medium of drop water. Therefore prevention or elimination of gashydrate structures is reduced to exception of one of these factors. The limitation of the mutual mixing of gas and water, i.e., the agitation of flow, is the partial solution by the exception of the third factor. Nevertheless, in certain cases this method occurs the unique solution of problem, for example, with the passage of the flow of the gas through the flow regulator.

In the article are given the experimental data about the work of two control valves KRU and KRE, in the first of which the flow of gas is passed as that as strongly created turbulence, and the secondly - it is linear, without mixing of gas and water. Results proved to be striking: KRU in the course of time loses its stable work, and KRE its characteristic it preserves practically stably.

Valve KRE possesses the high accuracy of regulation because of its design internal regulation characteristic, which prevents the accumulation of gashydrate in it. In the automatic regime at the assigned pressure to the valve is observed the most stable work KRE. During the hydrate formation, which is manifested in an increase in the assigned pressure to KRE, automation will give signal for the discovery, as a result of which, occurs the disruption of hydrate and the restoration of work from the assigned parameter, in this case the temperature and pressure remain constants. In the automatic regime with the assigned expenditure, in the case of changing the pressure in the collector the fluctuations of regime occur, but valve stably supports the required expenditure.

With the average consumption of methanol of 930 *l/month* with the work KRU, on KRE the expenditure composed 480 *l/month*, which shows to reduction in the gashydrate accumulation in the valve KRE. Thus, studies proved that the valve KRE is characterized by effectiveness, efficiency, accuracy and smoothness of regulation due to the absence of the accumulation of hydrates inside the valve.

Ключевые слова: водогазовая смесь, газогидрат, отбор газа, клапаны, КРУ и КРЭ, концентратор отложений газогидрата, прямооточный затвор клапана, зоны завихрения газа, накопление гидратов внутри клапана.

Keywords: water-gas mixture, gashydrate, the selection of gas valves, KRU and KRE, hub gashydrate deposits, once through the gate valve, zone swirl gashydrate accumulation in the valve.

Введение

Структурообразование смеси капельной воды и газа, называемое газогидратом, в добыче нефти и природного газа, а также при закачке в скважину водогазовой смеси, создает определенную помеху, закупоривая проходное сечение трубопровода, измерительных и регулирующих приборов. Газогидраты образуют все газовые компоненты нефти и природных газов, в том числе углекислый газ, сероводород и азот, находящиеся в особенных термобарических условиях. Их можно отнести к метастабильным структурам: они неохотно «идут на контакт» с другими веществами, однако без труда меняют соотношение воды и газа, а также плотность и объем, в зависимости от внешних условий.

Технические решения по борьбе с гидратообразованием разнообразны, как правило, одновременно решается возможность ликвидации возникших гидратных отложений.

Для образования газогидрата немаловажное значение имеет взаимное диспергирование и смешение воды и газа. Отсюда следует, что уменьшение степени турбулентности потока газа за счет прямого исполнения регулировочного клапана с минимальными зонами завихрения исключает образование и накопление гидратов внутри клапана.

В статье приведены экспериментальные данные о влиянии снижения турбулентности потока на интенсивность гидратообразования в регулирующих клапанах, конструктивно выполненных с плавными переходами для потока газа.

1 Устройство и краткая характеристика КРУ

Для регулирования заданных режимов отбора газа в газораспределительных пунктах (ГРП) устанавливают регулирующие клапаны типа КРУ (рисунок 1).

Регулирующий клапан — один из конструктивных видов регулирующей трубопроводной арматуры. Это наиболее часто применяющийся тип регулирующей арматуры как для непрерывного (аналогового), так и для дискретного регулирования расхода и давления. Выполнение этой задачи регулирующие клапаны осуществляют за счёт изменения расхода среды через своё проходное сечение.

Опыт прошлых лет показал надежность клапана КРУ в работе, но при этом он является концентратором отложений газогидрата, причиной которого очевидно является интенсивное перемешивание присутствующих компонентов и наличие зон для задержки и накопления. Схема на рисунке 1 явно демонстрирует крутые изменения направления потока при прохождении через каналы клапана, следовательно, турбулизацию и диспергирование газа и воды друг в друге.

Для решения проблемы, поставленной во вводной части статьи, на ГРП был установлен электроприводной регулирующий клапан новой экспериментальной конструкции типа КРЭ и проведен анализ работы двух конструкций клапанов

в одинаковых условиях с последующим сравнением. Конструктивно клапан КРЭ отличается от КРУ плавностью переходов каналов для похождения потока газа.

В период проведения исследований регулирование отбора газа осуществлялось как дистанционно с блока управления, расположенного в операторной, так и вручную, непосредственно на шлейфе, когда управление ведется оператором, вращением штурвала привода. В качестве блока управления и контроля использовался многоканальный видеографический регистратор Щ932.9АИ «Сенсорика» и персональный компьютер с соответствующим программным обеспечением, установленный на рабочем столе оператора.

Для контроля работы клапана были задействованы 4 канала, измеряющие:

- перепад давления;
- процент открытия;
- температуру газа после регулятора;
- давления до регулятора.

В качестве регулятора использовалась встроенная функция ПИД (показатель интегральный дифференциальный) регулятора регистратора. Установка работы клапана КРЭ проводилась в ручном и автоматическом режимах. В ручном режиме регистрировали показания давления до регулятора и расход газа; в автоматическом - расход газа при заданном давлении до регулятора и по заданному перепаду давления.

Установка работы клапана КРУ проводилась в ручном режиме (по показанию давления до регулятора) и полуавтоматическом (по заданному расходу), когда режим работы задается диспетчером.

1.1 Клапанно-регулирующее устройство КРУ предназначено для дистанционного и местного регулирования параметров газового потока в трубопроводах в составе автоматизированных систем управления (АСУ). Регулирующее устройство обеспечивает линейное изменение площади проходного сечения «тарель - седло» по его ходу и фиксируется в любом промежуточном положении.

Регулирующее устройство (РУ) снабжено устройством подачи ингибитора, состоящее из фильтра и трубопроводов, включающих в себя два обратных клапана. РУ снабжено электрическим приводом (ЭП) взрывозащищенного исполнения с ручным дублером и визуальным указателем положения затвора. Крайние положения затвора определяют концевые выключатели, установленные на ЭП.

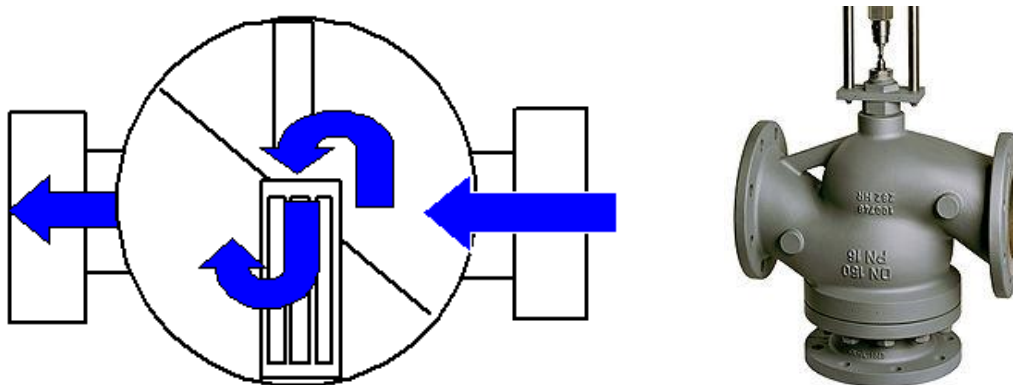


Рисунок 1. Клапанно- регулиующее устройство КРУ
а) Принципиальная схема КРУ б) Общий вид КРУ

2 Устройство и краткая характеристика КРЭ

Регулирующий клапан КРЭ (рисунок 2) предназначен для регулирования расхода и давления газа; способен воздействовать на течение технологических процессов в соответствии с получаемыми командами. Управление осуществляется с помощью электрического привода «Гусар» производства ООО НТК «Сибирский машиностроитель».

Клапан отличается увеличенным ресурсом, повышенной пропускной способностью, точностью и плавностью регулирования. Разгруженный от перепада давления втулочный затвор с мощным электроприводом обеспечивают надежную работу при больших перепадах давления, в условиях загрязненных сред и возможностью загидрачивания, а прямоточное исполнение с минимальными зонами завихрения исключает накопление гидратов внутри клапана. Клапан имеет расширенный диапазон регулирования.

2.1 Конструктивные особенности и принцип работы КРЭ

В отличие от серийного клапана КРУ конструктивное оформление КРЭ имеет следующие особенности:

- внутри корпуса клапана имеется втулочный затвор, уплотняемый в корпусе эластомерными кольцами, сменное седло и уплотнительное кольцо;
- возвратно-поступательное движение затвора обеспечивается червячным приводом. Червячное колесо через трапецеидальную резьбу перемещает втулку-затвор;
- затвор фиксируется от проворачивания в корпусе двумя пальцами;
- червячный вал вращается в бронзовых втулках;

- перестановка затвора осуществляется вращением вала привода, а в отсутствии электропитания - рукояткой;
- положение затвора контролируется величиной электрического токового сигнала, получаемого с блока датчика;
- на корпусе КРЭ имеется местный указатель положения затвора.

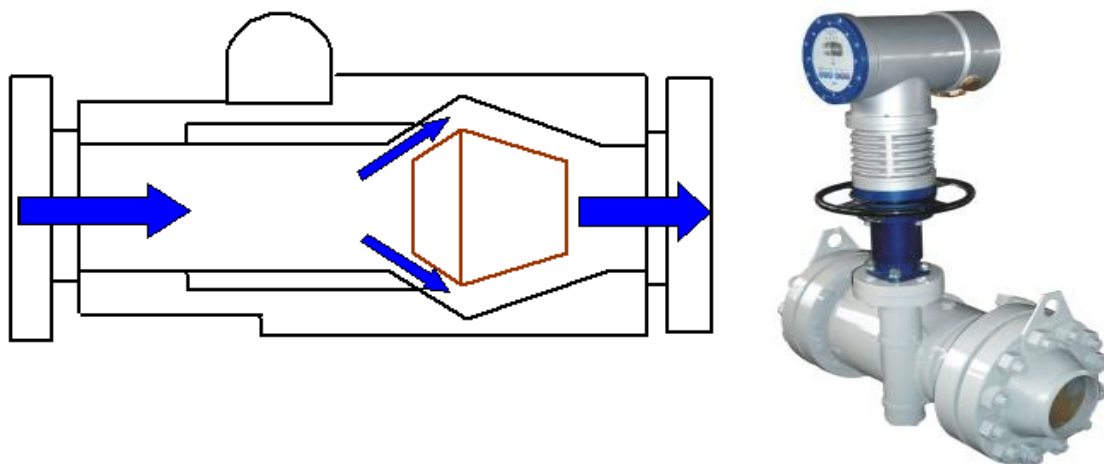


Рисунок 2. Клапан регулирующий электроприводной КРЭ
а) Принципиальная схема КРУ; б) Общий вид КРУ

Таблица 1. Технические характеристики КРУ и КРЭ

Параметры	Значения	
	КРУ	КРЭ
1. Условный проход, мм	100	100
2. Условное рабочее давление, МПа	16,0	16,0
3. Тип привода	электропривод с ручным дублером	электропривод «Гусар»
4. Тип затвора	угловой	прямоточный
5. Ход затвора клапана, мм	0,25 - 0,30	28
6. Напряжение, В	27 (+7 -4)	220
7. Температура окружающей среды, °С	от -40 до + 40	от -40 до + 50
8. Температура рабочей среды, °С	от -40 до +95	от -40 до +95
9. Габаритные размеры, мм	920×560×960	636×381×828
10. Масса, кг	290	170
11. Коэффициент условной пропускной способности Kv (в реверсивном режиме), м ³ /ч	от 50 до 200	от 50 до 200
12. Среднее время восстановления работоспособности состояния регулирующего клапана, не более	4 часа без учета времени подготовительных работ	4 часа без учета времени подготовительных работ
13. Срок службы клапана, не менее	10 лет	30 лет

3 Анализ работы клапанов КРУ и КРЭ

3.1 Анализ конструктивных параметров

Конструкции клапанов КРЭ и КРУ по эксплуатационной характеристике взаимно идентичны, оба обеспечивают реверсивное движение потока и плотное закрытие клапана вне зависимости от направления потока.

Клапан КРЭ обладает высокой точностью регулирования благодаря его конструктивной внутренней регулировочной характеристике. Клапан сочетает в себе лучшие свойства, а именно: малый ход, почти линейную характеристику регулирования, высокую точность регулирования при малых значениях расхода (по сравнению с КРУ).

Проведенные исследования показали, что величина циклического ресурса клапана, равная не менее 4000 циклов, не лимитирует надёжность работы запорно-регулирующих клапанов. Основным фактором, влияющим на надёжность работы, является герметичность седла, колец и втулки, которая может нарушиться в результате наличия в рабочей среде твёрдых частиц и коррозионно-активных агрессивных жидкостей (пластовая вода, метанол, конденсат).

Разгруженный от перепада давления втулочный затвор с мощным электроприводом обеспечивают надёжную работу при больших перепадах давления, в условиях загрязнённых сред и гидратообразования, а прямоточное исполнение с минимальными зонами завихрения исключает образование и накопление гидратов внутри клапана.

3.2 Экспериментальные данные и обсуждение результатов по КРЭ и КРУ

Ниже приведены результаты исследований клапанов КРЭ и КРУ

- в автоматическом и ручном режимах;
- по поддержанию заданного давления и заданного расхода (по заданному давлению и по заданному расходу);
- по степени открытия клапана.

На рисунках 3, 4 и 5 представлены режимные графики при работе клапана КРЭ по заданному перепаду давления, по заданному расходу и в ручном режиме по давлению.

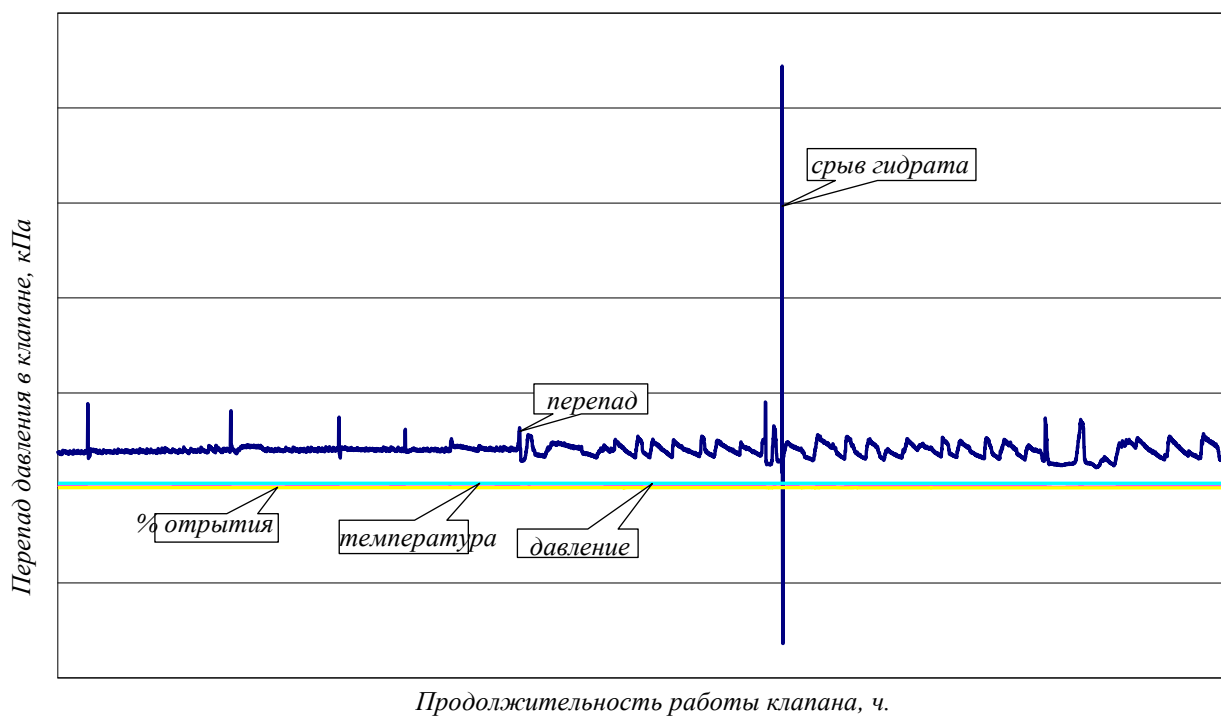


Рисунок 3. Работа КРЭ в автоматическом режиме по заданному давлению «до себя»

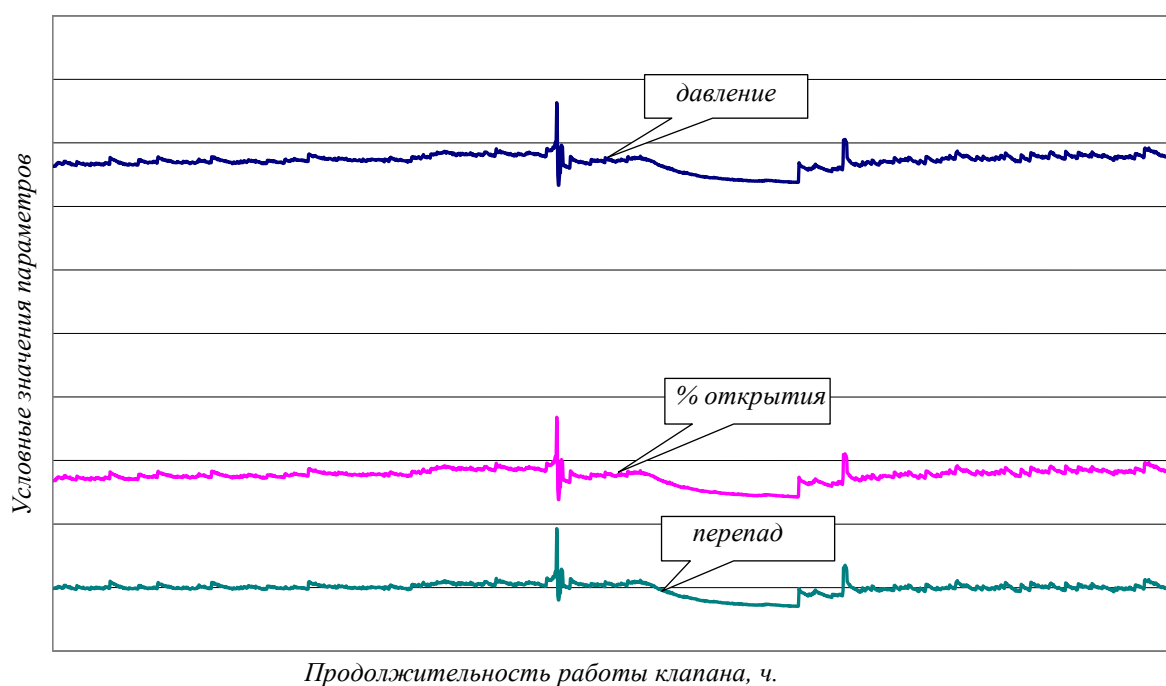


Рисунок 4. Работа КРЭ в автоматическом режиме по заданному расходу

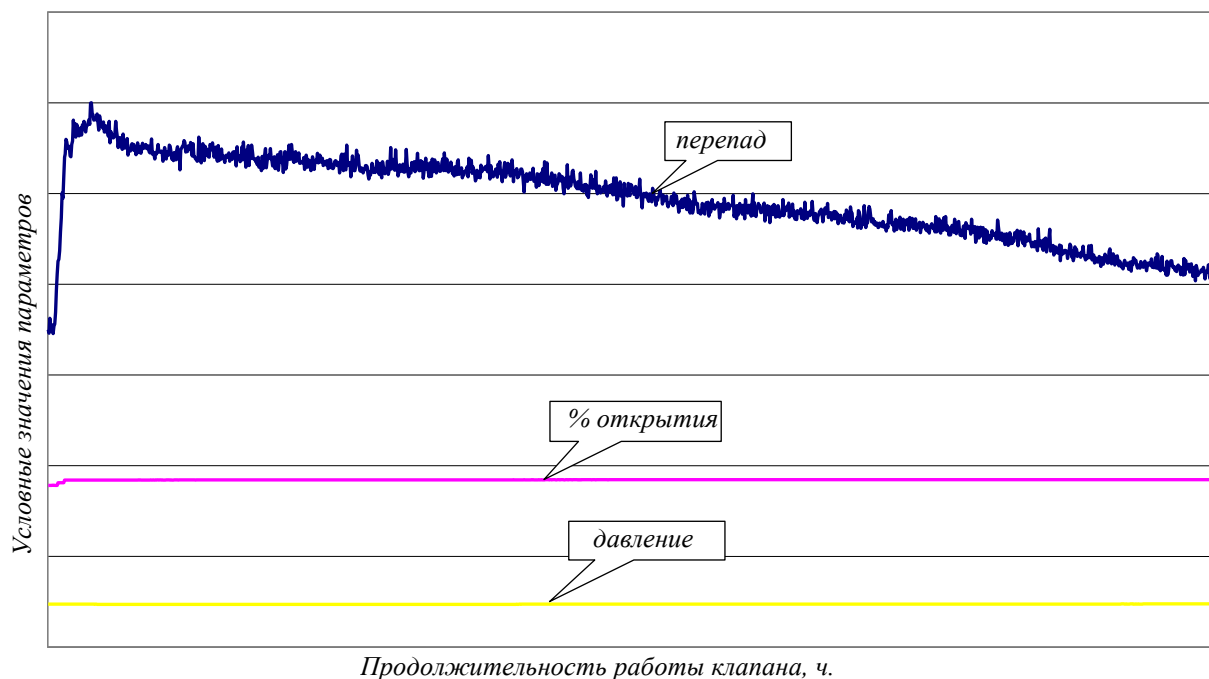


Рисунок 5. Работа КРЭ в ручном режиме по давлению

Как видим на рисунке 3, в автоматическом режиме по заданному в клапане перепаду давления, в случае его изменения из-за сужения проходного сечения в результате накопления газогидрата (см. «перепад») происходит его срыв и клапан продолжает работать стабильно, поддерживая требуемые «% открытия», «температуру» и «давление».

Исследования КРЭ в ручном режиме производились при диапазоне регулирования по открытию от 10% до 45%. В диапазоне от 0% до 10% отмечается гидратообразование, поэтому требуется введение ингибитора в шлейф, не менее одного раза в сутки.

3.3 Экспериментальные данные и обсуждение результатов по КРУ

На рисунках 6, 7 и 8 представлены режимные графики при работе клапана КРУ по заданному перепаду давления, по заданному расходу и в ручном режиме по давлению.

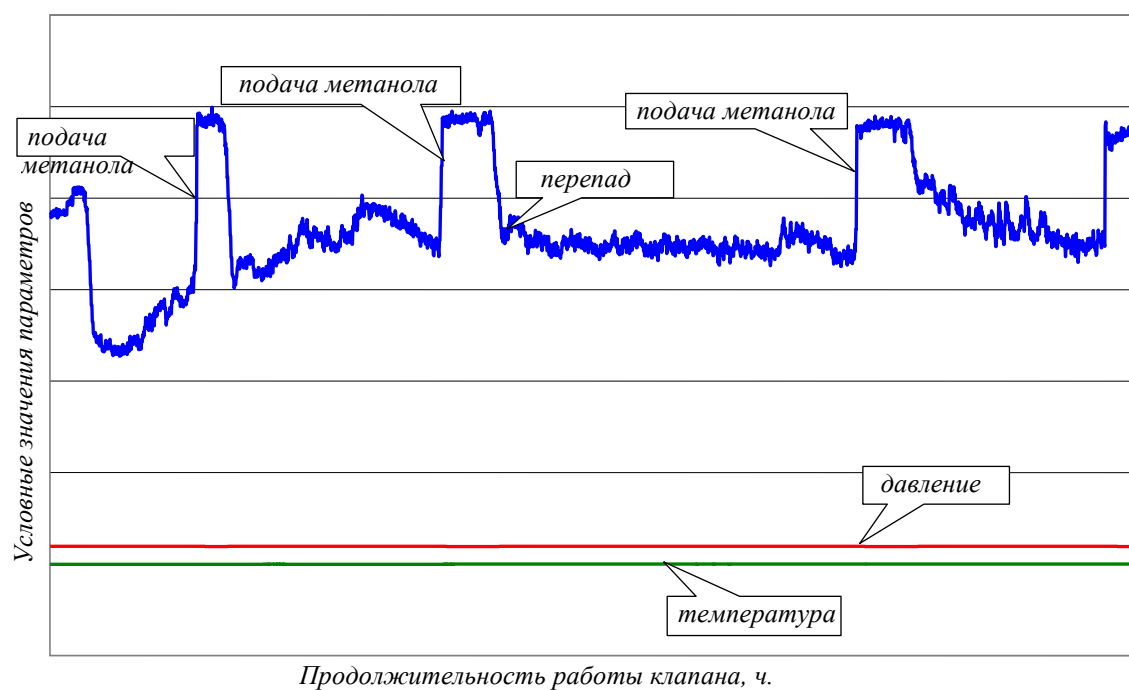


Рисунок 6. Работа КРУ в ручном режиме по давлению до клапана

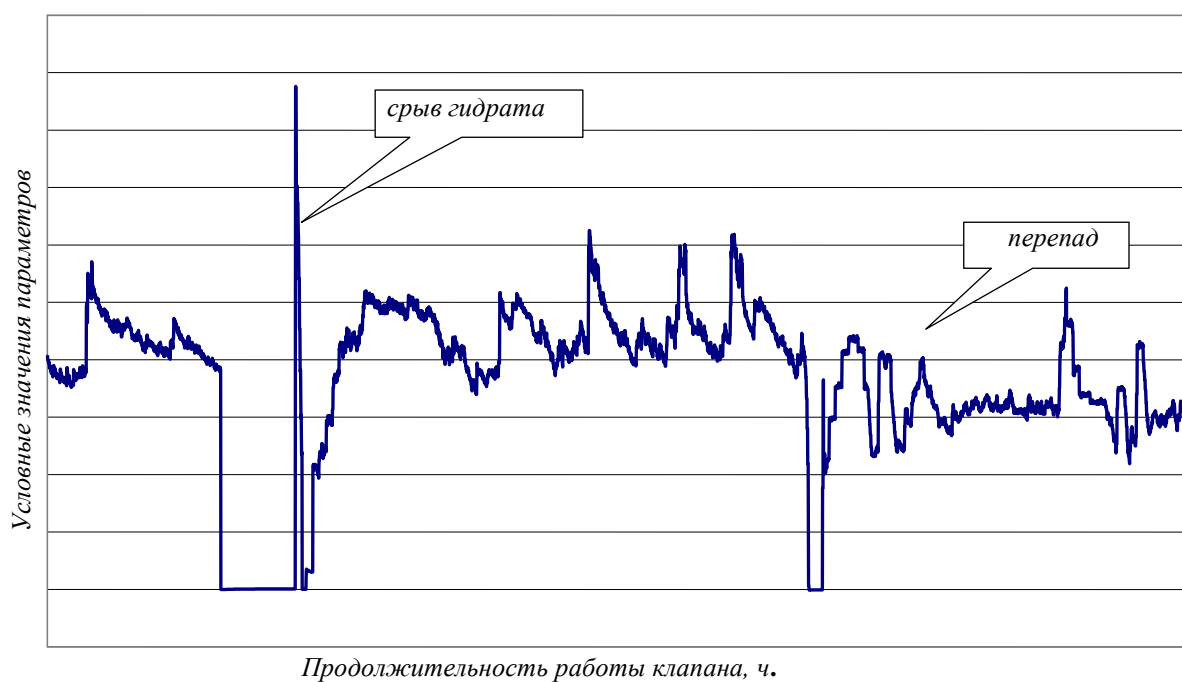


Рисунок 7. Работа КРУ в автоматическом режиме по расходу

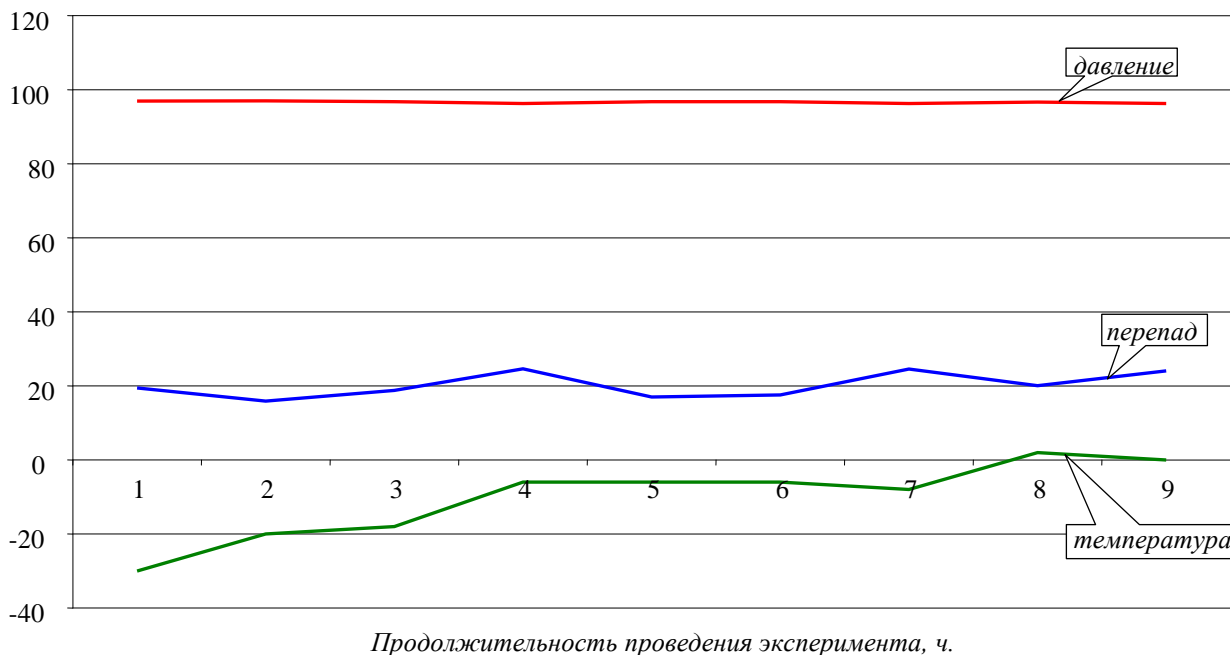


Рисунок 12. Работа КРУ в ручном режиме по давлению до клапана
Примечание: давление в кгс/см², температура в градусах Цельсия

Опыт эксплуатации клапанно-регулирующих устройств (КРУ) показал, что поддержание работы скважин в автоматическом режиме затруднительно, так как характеристика расхода КРУ не линейна, из-за особенностей конструкции исполнительного механизма, хотя диапазон регулирования по открытию заявлен производителем от 0% до 100% хода штока. При гидратообразовании на участке от устья скважины до установки отключающих устройств, регулятор постоянно производит открывание (т.е. поддерживает заданный расход), что приводит к полному открытию (т.к. программное обеспечение управления КРУ работает только на открытие) и к гидратообразованию, и как следствие - к дестабилизации режима работы скважины. Из-за особенностей конструкции происходит накопление образовавшихся кристаллогидратов внутри КРУ, и как следствие – отсутствие проходимости (рисунок 4).

В ручном режиме в условиях гидратообразования требуется постоянное регулирование режима работы скважины, либо практически непрерывная подача метанола, что приводит к повышенному расходу метанола. В диапазоне от 0% до 15% происходит интенсивное гидратообразование, падение расхода и как правило – необходимость постоянного поддержания заданного режима вручную.

Таким образом, наиболее стабильная работа клапана КРЭ по поддержанию заданного режима наблюдается в автоматическом режиме по давлению «до себя» т.к. изменение давления при изменении положения затвора не такое резкое, как изменение перепада, т.е. дебита.

Также следует отметить более длительный период работы клапана КРЭ, без необходимости его обработки ингибитором гидратообразования, т.к. при са-

мопроизвольном срыве, кристаллогидраты не накапливаются внутри клапана, как это происходит в КРУ.

Заключение и выводы

Плавное прохождение продукции скважины через регулирующий клапан КРЭ исключает взаимное смешение газа и воды, результатом чего является отсутствие гидратообразования в нем или незначительное его образование.

Наиболее стабильная работа клапана КРЭ по поддержанию заданного режима наблюдается в автоматическом режиме по давлению «до себя», т.к. изменение давления при изменении положения затвора не такое резкое, как изменение перепада, обуславливающего расход через клапан. Также следует отметить более длительный период работы клапана КРЭ, без необходимости его обработки ингибитором гидратообразования, т.к. при самопроизвольном срыве, кристаллогидраты не накапливаются внутри клапана, как это происходит в клапане типа КРУ.

Во время работы КРУ на обработку шлейфов ГРП в среднем расходуется 31 л/сут метанола на одну скважину. При работе на КРЭ была опробована работа без обработки метанолом экспериментальной скважины, только в целях профилактики подавали 16 литров метанола за одну смену. При этом сильных перепадов давления не наблюдалось, что свидетельствует об отсутствии загидрачивания клапана.

В итоге на газораспределительном пункте (ГРП) получили: при среднем расходе метанола 930 л/месяц при работе КРУ, на КРЭ расход составил 480 л/месяц. Проведенные исследования показали, что клапан КРЭ отличается эффективностью, экономичностью, точностью и плавностью регулирования и может применяться в качестве регулирующего дистанционно управляемого клапана без накопления гидрата внутри клапана.

Литература

1. Клапан регулирующий электроприводной КРЭ: Каталог продукции // URL: sgpa.ru/catalogue/produkcii/oborudov/kre/Saratov...
2. Махиянова А.Ф. Исследование влияния конструкции регулирующих клапанов на погрешность их показаний при интенсивном гидратообразовании в системе сбора природного газа: техн. отчет по работе оборудования систем осушки и подготовки газа на ЯНГКМ. Ноябрьск: инж.-техн. центр, 2012. // neftegas.info
3. Уразов Р.Р. Динамика накопления и диссоциации газогидратных отложений в действующих газопроводах: дис...канд. физ.-мат. наук: 01.02.05. Тюмень, 2005. 121 с.

References

1. Клапан регулирующий электроприводной КРЕ: Каталог продукции // URL: sgpa.ru/catalogue/produkcii/oborudov/kre/Saratov...
2. Махиянова А.Ф. Исследование влияния конструкции регулирующих клапанов на погрешность их показаний при интенсивном гидратообразовании в системе сбора природного газа: техн. отчет по работе оборудования систем осушки и подготовки газа на ЯНГКМ. Ноябрьск: инж.-техн. центр, 2012. // neftegas.info
3. Уразов Р.Р. Динамика накопления и диссоциации газогидратных отложений в действующих газопроводах: дис. канд. физ.-мат. наук: 01.02.05. Тюмень, 2005. 121 с.

Сведения об авторе

Махиянова А.Ф., аспирант кафедры «Нефтегазопромысловое оборудование» ФГБОУ ВПО УГНТУ, г. Уфа, Российская Федерация

A. F. Makhiyanova, graduate student of the department "Oil and gas equipment" FSBEI NPE USPTU, Ufa, Russian Federation

e-mail: A_Mahiyanova@ygd.gazprom.ru