

ЭМПИРИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ И МАШИННОЕ ОБУЧЕНИЕ КАК ЭФФЕКТИВНЫЙ МЕТОД РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ ГИДРАТООБРАЗОВАНИЯ В СИСТЕМЕ СБОРА И ПОДГОТОВКИ ГАЗА

Коротченко Р.К.

НИ ТПУ, ИШПР, АЗ-77, r97281198@gmail.com.

Введение

В условиях Крайнего Севера проблема образования гидратов природного углеводородного газа и ледяных пробок в системах сбора и подготовки газа является одной из наиболее существенных и нерешённых в газодобывающей отрасли [1,2,3]. Ликвидация данного осложнения представляет собой сложную задачу, а затраты на мероприятия по его предотвращению составляют значительную часть себестоимости добычи газа [1]. В то же время традиционные методы решения проблемы не позволяют достичь универсального решения. На основе анализа значительного промыслового опыта и литературы можно предположить, что существующие методы, во многом опирающиеся на теоретическое моделирование, обладают ограниченной эффективностью. В работе выдвигается гипотеза о том, что использование статистических методов, эмпирических моделей и машинного обучения, может предложить более эффективное решение этой проблемы. Цель данного доклада — продемонстрировать перспективность применения эмпирических моделей и машинного обучения, использующего статистические методы, для решения задачи раннего обнаружения и контроля образования газогидратов и ледяных пробок в системах сбора и подготовки газа.

Для реализации поставленной цели необходимо решить ряд задач, а именно:

- Рассмотреть актуальные подходы по борьбе с осложнением.
- Продemonстрировать неэффективность применения теоретического моделирования для решения проблемы
- Обосновать перспективность алгоритмов и эмпирических моделей. Продemonстрировать рабочий прототип эмпирической модели. Показать перспективность машинного обучения для решения проблемы.

Методы предотвращения осложнения

По теме исследования методов предотвращения образования гидратов и льда в системах сбора и подготовки газа накоплено большое количество публикаций и предложений [2, 3, 4, 5].

Для борьбы с образованием гидратов природного газа и льда в системах сбора и подготовки существуют физические, технологические и химические методы предупреждения образования гидратов в промысловом оборудовании [3].

Наиболее эффективными и широко применяемыми методами борьбы с осложнениями являются химические методы. На месторождениях Крайнего Севера используется только термодинамический ингибитор, а именно метанол [2,7], как наиболее эффективный и доступный.

В связи с этим большинство работ по проблеме предупреждения гидратообразования сфокусировано на попытках оптимизировать расход метанола или технологию его подачи в систему. Для этой цели строятся сложные физико-химические, термодинамические и математические модели системы. Далее проводятся поиски теоретических условий и зон гидратообразования, и в зависимости от этого предлагаются решения по закачке метанола.

Ограничения методов раннего обнаружения и мониторинга осложнения

Несмотря на накопленные за годы исследований обширные знания о газовых гидратах, традиционные методы и теоретические модели, основанные на физико-химических и термодинамических расчетах, сталкиваются с проблемами в условиях промысла

Вопрос применимости и точности систем гидратообнаружения поднимается в ряде работ [8, 9, 10]. В работе [10], после рассмотрения наиболее распространенных подходов, делается заключение о том, что на сегодняшний день не найден универсальный метод раннего обнаружения гидратообразования в трубопроводе, который бы давал очень высокую точность при минимальных затратах на обработку и получение информации.

Неудачи в создании таких методов связаны с тем, что система сбора и подготовки газа представляет собой сложную и динамическую систему с большим числом неизвестных параметров. В условиях промысла невозможно определить, в какой именно точке возникнет центр гидратообразования, каковы

будут значения обводнённости, температуры, давления, компонентного состава, плотности, коэффициента теплопередачи и других параметров в конкретном участке газосборного оборудования при заданном технологическом режиме. Кроме того, существует проблема недостатка информации.

Итак, можно сделать вывод о том, что не создано надежной системы раннего обнаружения или прогнозирования осложнения. Также не разработано эффективных систем оптимизации подачи ингибитора в систему. Проблемы выработки эффективного решения связана с использованием во многих подходах теоретического и статического моделирования, в то время как система является динамической, сложной, с большим числом неизвестных параметров.

Использование эмпирических моделей и машинного обучения в качестве решения проблемы

Решением данной проблемы может служить использование принципиально иного подхода к анализу данных. Предлагается использовать статистические методы и эмпирические модели для раннего обнаружения и прогнозирования зон образования гидратных и ледяных пробок, оптимизации подачи ингибитора. Очевидным выглядит идея создания автоматизированных алгоритмов прогноза именно на основе опытных данных предыдущих трендов. При таком подходе исключается необходимость иметь полную информацию о системе, самих гидратах и очень сложных процессах, происходящих в системах сбора и подготовки. Более того, для реализации подобного могут быть использованы системы машинного обучения, так как данные системы как раз и работают с большими статистическими данными.

Рассмотрим теперь реальную производственную практику, касающуюся предотвращения рассматриваемого осложнения. Нормы расхода метанола, подаваемого в систему с целью профилактики гидратообразования рассчитываются по установленным стандартам [11]. Однако в холодный период года данного объема критически не хватает для эффективной борьбы с осложнением, тогда как в теплый период потребный расход значительно меньше нормы. В связи с этим в промышленных условиях вопрос определения объема ингибитора, подаваемого в систему, решается путем подбора достаточных объемов прокачки газосборного оборудования на основе статистических данных за прошлые годы. Контроль и раннее обнаружение газовых гидратов в системе также основано на статистическом анализе. Механизм обнаружения заключается в анализе большого числа параметров (давления, температуры, расходы и др.), приходящих с приборов телеметрии и поиска в этих данных аномалий. Последующий анализ данных аномалий позволяет сделать вывод о наличии или отсутствии проблемы. По сути, действия оператора промысла в данном случае представляют из себя определенный алгоритм, основанный на анализе статистической информации. Проанализировав действия персонала и имея большую производственную практику, удалось строго алгоритмизировать последовательность действий персонала (рисунок 1).

Все этапы данного алгоритма могут быть автоматизированы и реализованы с помощью математических моделей, а программными методами внедрены в производство. На данный момент успешно реализован первый этап.

Для реализации первого этапа была создана математическая модель. Модель анализирует скорость изменения трендов давлений (временных рядов), и в случае аномальных показателей выдает предупреждение. В данную модель не закладывается никаких знаний о физико – химическом состоянии системы и процессах, протекающих в ней. Данная модель работает исключительно со статистическими данными, симулируя поведение оператора в реальных условиях на первом этапе поиска аномалий. В связи с этим, модель является эмпирической, а не теоретической. Реализация созданной модели была выполнена в Microsoft Excel. В данной программе удалось реализовать правила, по которым определялись участки аномального роста давления. Момент выдачи предупреждения программой находился в диапазоне 30 минут от реакции оператором. В некоторых случаях программа опережала реакцию человека, в некоторых запаздывала на 30 минут. В целом результат является положительным и доказывает перспективность подобного подхода.

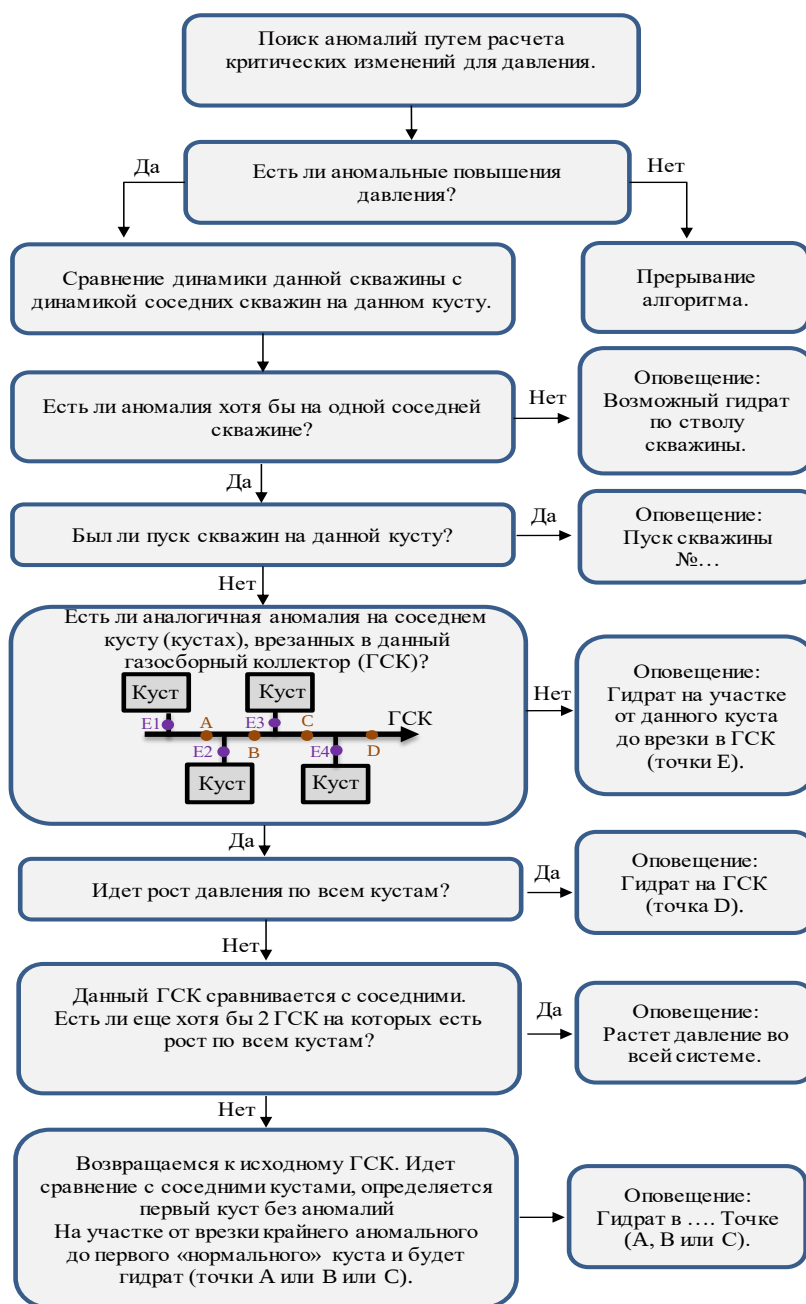


Рис. 1. Алгоритм обнаружения гидратообразования

Другим возможным подходом к решению проблемы является внедрение систем машинного обучения. В приведенном выше алгоритме анализируются тренды давлений, температур и других параметров работы системы. Данные тренды, в сущности, являются временными рядами. Задачи с анализом временных рядов хорошо решаются системами машинного обучения. В пример можно привести успешный опыт внедрения подобных технологий компанией «Газпром нефть» [12]. Однако, лидерами в вопросе применения машинного обучения для решения производственных являются западные исследователи. В работах [13, 14] представлены положительные результаты исследований использования машинного обучения для раннего обнаружения образования гидратов в газосборной системе и применение искусственного интеллекта для раннего обнаружения отказов УЭЦН (установка электроприводного центробежного насоса).

Заключение

Итак, в данном докладе наглядно представлена проблема применения традиционных методов к борьбе с образованием газовых гидратов и ледяных пробок в системах сбора и подготовки газа. Пока-

зано, что вследствие динамичности и сложности системы, теоретические и статические модели являются неэффективными в борьбе с данным осложнением. Предложено использовать статистический подход и эмпирические модели для решения проблемы. Посредством опоры на производственный опыт и статистические данные представлен автоматизированный алгоритм контроля и раннего обнаружения осложнения. Показаны результаты реализации первого этапа алгоритма. Кроме того, указана перспективность использования машинного обучения для решения имеющейся проблемы. Предложенные решения позволяют отказаться от необходимости получать точные и подробные знания о физико-химическом состоянии системы и сложных динамических процессах, протекающих в ней (что невозможно сделать на практике). Вместо этого, в докладе показано, что добиться требуемого результата возможно используя доступную статистическую информацию и цифровые технологии.

Список использованных источников

1. Басарыгин Ю. М. Теория и практика предупреждения осложнений и ремонта скважин при их строительстве и эксплуатации: Справочное пособие: в 6 томах / Ю. М. Басарыгин, В. Ф. Будников, А. И. Булатов. Том 5. – Москва: "Недра-Бизнесцентр", 2003. – 431 с.
2. Бык, С.Ш. Газовые гидраты / С. Ш. Бык, Ю. Ф. Макогон, В. И. Фомина; под ред. С. Ш. Быка. – Москва: Химия, 1980. – 296 с.
3. Истомин, В. А. Предупреждение и ликвидация газовых гидратов в системах добычи газа / В. А. Истомин, В. Г. Квон. — Москва: ООО «ИРЦ Газпром», 2004 — 508 с.
4. Макоган, Ю. Ф. Газовые гидраты, предупреждение их образования и использование / Ю. Ф. Макоган – Москва: Недра, 1985. – 232 с.
5. Чухарева, Н. В. Определение условий гидратообразования при транспорте природного газа в заданных технологических условиях эксплуатации промысловых трубопроводов. Расчет необходимого количества ингибиторов для предотвращения загидративания: методические указания / Н. В. Чухарева. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета (ТПУ), 2010. – 30 с.
6. Пат. 2329371 Российская Федерация, МПК7 Е 21 В 43/00, F 17 D 3/00. Способ управления процессом предупреждения гидратообразования во внутрипромысловых шлейфах газовых и газоконденсатных месторождений Крайнего Севера / Андреев О. П., Салихов З. С., Ахметшин Б. С., Арабский А. К., Вить Г. Е., Талыбов Э. Г.; патентообладатель ООО «Ямбурггаздобыча». – № 2006137680/03; заявл. 26.10.2006; опубл. 20.07.2008, Бюл. № 20.
7. Фаресов, А. В. Исследование эффективности ингибиторов гидратообразования кинетического типа / А. В. Фаресов, А. И. Пономарев // Нефтегазовое дело. — 2013. — Т. 11, № 4. — С. 86-95.
8. Прахова, М. Ю. Анализ методов диагностирования гидратообразования в шлейфах / М. Ю. Прахова, А. Н. Краснов, Е. А. Хорошавина // Электронный научный журнал нефтегазовое дело. – 2017. – № 1. – С. 77-94.
9. Прахова, М. Ю. Оптимизация управления подачей метанола в системах сбора природного газа / М. Ю. Прахова, А. Н. Краснов, Е. А. Хорошавина [и др.] // Территория нефтегаз. – 2016. – № 6. – С. 22-29.
10. Федоров, В. Н. Обзор методов диагностирования гидратообразования в магистральных трубопроводах / В. Н. Федоров, О. О. Валямова // Актуальные проблемы научного знания. Новые технологии ТЭК-2018 : Материалы II Международной научно-практической конференции, Тюмень, 20–21 апреля 2018 года / Ответственный редактор М.В. Баделина. – Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2018. – С. 6-9.
11. СТО Газпром 3.0-2006. Система стандартизации ОАО "Газпром". Система норм и нормативов расхода ресурсов, использования оборудования и формирования производственных запасов ОАО «Газпром» - М.: ИРЦ Газпром: ВНИИГАЗ. - 2006. - 28 с.
12. Хасанов М.М. Перспективные технологии Big Data в нефтяном инжиниринге: опыт компании «Газпром нефть» / М.М. Хасанов, Д.О. Прокофьев, О.С. Ушмаев [и др.] // Нефтяное хозяйство. – 2016. – № 12. – С. 76–79.
13. Qin, H., Srivastava, V., Wang, H., Zerpa, L.E. and Koh, C.A. (2019). Machine Learning Models to Predict Gas Hydrate Plugging Risks Using Flowloop and Field Data. doi:<https://doi.org/10.4043/29411-ms>.
14. Patri, O. P., Panangadan, A., Chelmiss, C., McKee, R. G., & Prasanna, V. K. (2014). Predicting Failures from Oilfield Sensor Data using Time Series Shapelets. All Days. <https://doi.org/10.2118/170680-ms>.