

**СЕКЦИЯ 17. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ ТРАНСПОРТИРОВКИ
И ХРАНЕНИЯ НЕФТИ И ГАЗА. ПОДСЕКЦИЯ 1. МЕТОДЫ МАТЕМАТИЧЕСКОГО
МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ТРАНСПОРТА И ХРАНЕНИЯ
УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ**

значению, если будут меняться термодинамические условия в пласте. К ним относится изменение поля давления вследствие создания депрессии в пласте при освоении скважины.

В свою очередь, при акустическом воздействии происходит превышение значения равновесной концентрации примеси над текущей, при этом твёрдая фаза тяжёлых углеводородов начнёт растворяться и поровые каналы очищаются. Это происходит за счёт нагрева внешней среды и флюида вследствие поглощения акустических волн и формирования распределённого теплового источника в окрестности скважины.

В рамках предлагаемой модели поведения дебита при акустическом воздействии должно учитываться поведение флюида в пористой проницаемой среде без УЗ обработки и в условиях улучшения нефтеотдачи.

Уравнение фильтрации пластового флюида, линеаризованное по давлению будет иметь вид:

$$m \frac{\partial P}{\partial t} - \operatorname{div} \left(\frac{k \cdot \rho_0 \cdot c^2}{\eta} \cdot \operatorname{grad} P \right) = 0.$$

(1) где m – пористость среды, k – проницаемость среды, c – коэффициент динамической вязкости, ρ_0 – плотность флюида, c – скорость звука, P – давление.

Уравнение переноса концентрации тяжёлой углеводородной примеси в пластовом флюиде [7]:

$$\frac{\partial C}{\partial t} + \vec{V} \cdot \nabla C - D \Delta C = \frac{1}{\tau_c} \cdot (C - C_e(P, T)),$$

где C – текущая концентрация примеси, \vec{V} – скорость переноса флюида, D – коэффициент диффузии, τ_c – время осаждения или растворения примеси, C_e – равновесное значение примеси.

Кинетическое уравнение для изменения радиуса пор:

$$\frac{dR}{dt} = - \frac{1}{2} R \frac{\rho_f^y (C - C_e)}{\rho_s \tau_c},$$

где ρ_f^y – плотность твёрдой фракции, ρ_s – начальная плотность флюида.

Заключение. В России и других странах ультразвуковые технологии добычи и транспорта нефти достигли больших успехов в разработке оборудования, механизме исследований, промышленном применении и т. д. Но, несмотря на это, есть еще значительное пространство для дальнейшего развития. Показанная в работе модель физических процессов при тепловом механизме акустического воздействия может объяснить долговременный эффект от воздействия. Отличие текущей концентрации примеси от равновесной для локальных термодинамических условий приводит к осаждению или растворению тяжёлых углеводородов. Изменение термодинамических условий происходит из-за изменения температурного поля и изменения, вследствие медленной динамики пористости, распределения давления в потоке пластового флюида при акустическом воздействии. Представленная модель учитывает механизм медленной коагуляции в околоскважинном пространстве, поэтому позволяет исследовать и альтернативные механизмы акустического воздействия.

Литература

1. Верховых А.А., Вахитова А.К., Елпидинский А.А. Обзор работ по воздействию ультразвука на нефтяные системы // Вестник технологического университета, №8/2016, стр. 37-42.
2. Муллакаев М. С., Абрамов В. О., Печков А. А., Еременко И. Л., Новоторцев В. М., Баязитов В. М., Есипов И. Б., Баранов Д. А., Салтыков А. А. Ультразвуковая технология повышения продуктивности низкодебитных скважин // Журнал Нефтепромысловое дело, №4/2012, стр. 25-32.
3. Шаммазов А.М., Мастобаев Б.Н., Сощенко А.Е., Коробков Г.Е., Писаревский В.М. Основы технической диагностики трубопроводных систем нефти и нефтепродуктов. - М.: Недра, 2010. - 428 с.
4. Abramova A., Abramov V., Bayazitov V., Gerasin A., Pashin D. Ultrasonic technology for enhanced oil recovery// Engineering 6 (2014), p. 177-184.
5. Афанасьев Е.Ф. Факторы стабилизации и эффективность разрушения водонефтяных эмульсий: автореф. дис. канд. техн. наук. -Астрахань, 2013. - 25 с.
6. Балинченко О.И., Нездойминов В.И. Некоторые особенности ультразвуковой (безреагентной) обработки воды // Журнал Проблемы экологии, №1-2/2010. стр. 73-77.
7. R. Ewing. Mathematical modeling and simulation for fluid flow in porous media // «Математическое моделирование», 2011, т. 13, № 2, с. 117-127.

ПОДГОТОВКА ГАЗА НА ПРОМЫСЛЕ. ПРИНЦИП РАСЧЕТА ЦИКЛОННОГО ПЫЛЕУЛОВИТЕЛЯ

А.В. Изерский

Научный руководитель – профессор С.Н. Харламов

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Введение. В настоящее время, подготовка газа на промысле осуществляется на высоком уровне. В подтверждение этого, можно сказать о различных существующих системах сбора газа, а также большом ассортименте установок для его промысловой подготовки. Все они ориентированы на работу с максимально возможным уменьшением выбросов веществ, загрязняющих окружающую среду. Разбирая данные аппараты более подробно, можно разделить их на группы, отвечающие за очистку конкретных примесей содержащихся в газе. Например, циклонный пылеуловитель применяются для очистки газа от механических примесей. Их

применение обусловлено множеством положительных факторов: простотой конструкции, высоким уровнем очистки частиц размером до 10 мкм, эффективностью работы при различных температурах.

Немаловажным процессом при подготовке газа на промысле является его осушка. Это процесс удаления водяных паров из газового потока путём снижения температуры до точки, при которой водяные пары конденсируются и вода выпадает из газового потока. Эта температура называется *точкой росы*. Осушка путем снижения температуры газа до значения ниже точки россы позволит предотвратить образование гидратов и коррозию со стороны водяного конденсата. Кроме тяжелых углеводородов и водяных паров, природный газ нередко содержит и другие компоненты, которые, возможно, придется удалить. Покупатель газа может потребовать полного или частичного удаления углекислого газа, сероводорода и других соединений серы. Эти вещества известны под названием кислых газов. Сероводород, соединяясь с водой, образует слабую форму сероводородной кислоты, а углекислый газ образует с водой угольную кислоту, отсюда и термин кислый газ. Присутствие данных компонентов не желательно, так как они вызывают коррозию и снижают теплоту сгорания, а значит и продажную цену газа.

Актуальность. Основной проблемой XXI века является загрязнение окружающей среды побочными продуктами различных производств. Эффективность и надежность работы систем газоочистки процессов и аппаратов химических технологий зависят от физико-химических свойств частиц и термодинамических параметров гетерогенной среды. Поэтому важно разобраться в технологических схемах аппаратов и подтверждая расчетной составляющей выявить основные проблемы, из-за которых оборудование пагубно влияет на окружающую среду.

Цель: выявить основные способы подготовки газа на промысле, осуществить расчет циклонного пылеуловителя.

Установки промышленной подготовки газа. Назначение установок для промышленной подготовки газа заключается в отделении природного газа, газоконденсата или нефти и воды из потока газодобывающей скважины и в подготовке этих флюидов к продаже или удалению [1]. Перед первичной сепарацией скважинному потоку может потребоваться подогрев. Когда газовый поток дросселируют, газ расширяется и его температура падает. Если температура становится достаточно низкой, образуются гидраты (твёрдое кристаллоподобное ледяное вещество). Гидраты могут приводить к забиванию каналов. Поэтому газ, возможно, придётся подогреть, перед тем как его можно будет дросселировать до давления в сепараторе.

Также может также оказаться необходимым охлаждение. Некоторые газовые пласты-коллекторы могут располагаться очень глубоко и иметь очень высокую температуру. Если из скважины поступает значительное количество газа и жидкости, температура скважинного потока может оказаться очень высокой даже после дросселирования. Компании, занимающиеся транспортировкой газа, требуют удаления примесей из приобретаемого ими газа [2]. Они хорошо понимают необходимость очистки газа для эффективной работы своих газопроводов и принадлежащих их потребителям оборудования для сжигания газа. С целью проверки выполнения требований по качеству газа продавцами, периодически проводятся анализы газа. Кислые газы, обычно это сероводород и углекислый газ, являются загрязнениями, которые часто содержатся в природном газе и которые приходится удалять. Оба этих газа могут быть очень коррозионными. При этом углекислый газ образует в присутствии воды угольную кислоту, а сероводорода может вызвать водородное охрупчивание стали. Кроме того, сероводород чрезвычайно токсичен уже при малых концентрациях.

Природный газ, добываемый из скважины, обычно насыщен водяными парами. В большинстве процессов по очистке газа он остаётся в состоянии насыщения водяным паром [3]. Вода в жидкой фазе ускоряет коррозию трубопроводов и другого оборудования. Вода в жидком виде накапливается в нижних точках трубопровода, снижая его пропускную способность. Удаление водяного пара путём осушки позволяет устранить эти возможные трудности и обычно предусматривается в соглашениях по продаже газа. Когда газ осушен его точка росы снижается.

Циклонный пылеуловитель. Газ, который транспортируется по газопроводам, может содержать твердые и жидкие примеси. Например: метанол, солярное масло, песок, конденсат, турбинное масло, сварочный грат и так далее. Чтобы отчистить газ от различных примесей, применяют устройства под названием пылеуловители. Они работают по принципу мокрого улавливания и сухого отделения пыли. Циклонный пылеуловитель (рис.1) это сосуд, имеющий цилиндрическую форму, который в газопроводе рассчитан на рабочее давление и имеет встроенные циклоны, используемые с целью очистки жидкостей или газов от взвешенных частиц.

Принцип очистки бывает инерционный (включающий использованием центробежных сил) и гравитационный. Циклонные пылеуловители из всех существующих разновидностей имеют самую обширную группу [4]. Использование циклонных пылеуловителей очистки призвано обеспечить максимальное снижение выбросов загрязненных веществ. В современной промышленности очень широко используются циклонные аппараты, но по ряду причин они не удовлетворяют современным требованиям по качеству очистки. Разрабатываемые и внедряемые методы модернизации циклонов позволят без существенных затрат увеличить эффективность очистки воздуха, без увеличения энергозатрат, а также увеличить срок службы циклона.

СЕКЦИЯ 17. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ ТРАНСПОРТИРОВКИ И ХРАНЕНИЯ НЕФТИ И ГАЗА. ПОДСЕКЦИЯ 1. МЕТОДЫ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ТРАНСПОРТА И ХРАНЕНИЯ УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ

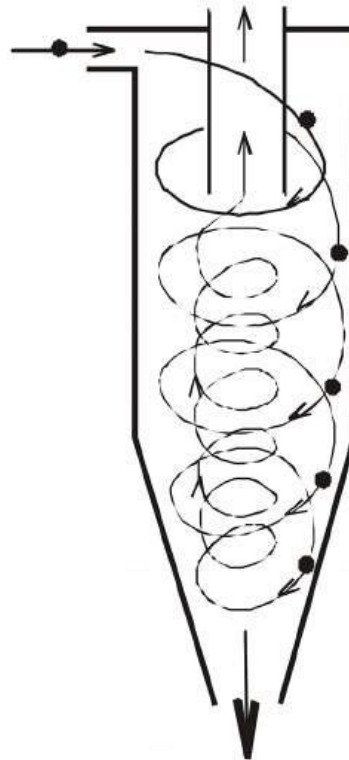


Рис. 1. – Схема циклонного пылеуловителя;
—●→ - пылевоздушный поток; —→ - очищенный воздух;
- - → - легкие примеси

Для частиц размером 40 мкм и более, эффективность очистки составляет не менее 100 %, а для частичек капельной жидкости 95% [5].

Результаты исследования. Результатами исследования стало проведение анализа работы циклонных пылеуловителей разных конструкций, а также математическое моделирование запыленных газовых потоков. Выявлено, что основными причинами низкой сепарации частиц в циклонах является отсутствие условий их осаждения в пылесборнике и необходимость снижения гидравлического сопротивления.

Заключение. В результате выполнения работы были выявлены основные способы подготовки газа на промысле. Осуществлен расчет циклонного пылеуловителя, используемый в технологической среде, а также была сформулирована физико-математическая модель расчета распределения частиц в коаксиальном канале при вихревом движении без учета перемешивания аэрозоля. В ходе исследования были разобраны основные способы сбора газа на промысле, также разобраны методы осушки. Осуществлен разбор способов отчистки от таких кислых газов, как сероводород и углекислый газ. Выделены методы очистки от механических примесей с использованием масляного и циклонного пылеуловителей. Также была подробно разобрана схема течения газа в циклоне с выявлением всех зон его движения.

Литература

1. Иванков Д. И., Гритчин Р.Д., Тюрин А.Н., Анализ работы циклонов для пылеулавливания, Тула 2016. -212 с.
2. Арнольд К., Стюарт М, справочник по оборудованию для комплексной подготовки газа, Москва. 2016. -315с
3. Молчанов, А. Г. Машины и оборудование для добычи нефти и газа. Москва. 2015. С. 457-473.
4. Василевский М.В., Зыков Е.Г., Расчет эффективности отчистки газа в инерционных пылеуловителях, Издательство ТПУ, Томск 2015 г.
5. Ветошкин А.Г., Процессы и аппараты пылеотчистки, Пенза 2015. 20-45 ст.
6. Квятковский О.П., Васильев Г.Г., Гумеров А..Г., Гамбург И.Ш., промышленные трубопроводы и оборудование, Недра. 2014 г. -123 с.