

Частота срыва вихрей обуславливается расположением точки отрыва, которая смещается от задней критической точки вверх по поверхности цилиндра с ростом скорости набегающего потока. Течение в следе и окрестности цилиндра является ламинарным при $Re < 150$, а прослеживание вихревой дорожки вниз по потоку возможно на расстоянии до $80d$. В вихревом следе за цилиндром совершается ламинарно-турбулентный переход начиная с числа Рейнольдса близким к 150. Также область следа, в которой происходит переход с ростом Re , перемещается вверх по потоку. Начало срыва вихрей с поверхности цилиндра при $150 < Re < 300$ происходит хаотично и установить преобладающую частоту не является возможным. Срыв вихрей становится постоянным при $Re > 300$ и на основную частоту накладываются турбулентные возмущения. В результате данного процесса длина вихревой дорожки уменьшается вплоть до нескольких диаметров d цилиндра. Стоит отметить, что при этом число Струхала хорошо согласуется с эмпирической экспериментальной зависимостью, а также остается практически неизменным и равняется $Sh \sim 0.21$ (рис. 5).

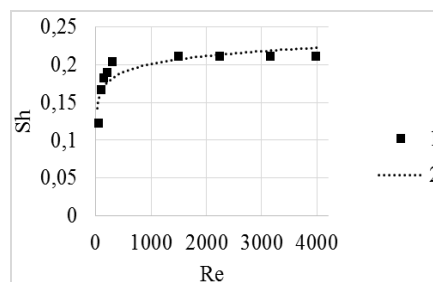


Рис. 5 Зависимость числа Струхала от числа Рейнольдса по эмпирической зависимости (1), на основе данных численного моделирования (2)

Заключение. Установлено, что ламинарно-турбулентный переход происходит в пограничном слое на поверхности цилиндра при числе Re равным $2 \cdot 10^5$. В результате данного процесса точка отрыва пограничного слоя смещается к задней критической точке на цилиндре. Результаты расчета сопоставлены с данными экспериментов [3]. Для всех задач было получено хорошее соответствие с экспериментальными данными, что позволяет говорить о возможности применения методики расчета для исследования несжимаемых течений в окрестности плохообтекаемых тел.

Литература

1. Menter F.R. Two-equation eddy-viscosity turbulence models for engineering application // AIAA J. 1994. Vol. 32, No. 8. P. 1598–1605.
2. Van Leer B. Towards the ultimate conservative difference scheme V // J. of Comput. Phys. 1983. Vol. 32, No. 1. P. 101–136.
3. Вальгер С.А., Федорова Н.Н. Моделирование ветровых воздействий на конструкции в ПК Ansys // Новосибирский государственный архитектурно-строительный уни-верситет (Сибстрин) – С. 73–77. 24
4. Ван-Дайк М.. Альбом течений жидкости и газа, Москва, Мир 1986. – С. 184.

АБСОРБЦИОННАЯ ОСУШКА ПРИРОДНОГО ГАЗА И ПРИНЦИП РАСЧЕТА АБСОРБЕРА

А.А. Вакуров, А.П. Куренков

Научный руководитель – профессор С.Н. Харламов

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Цель работы. Исследование закономерностей и особенностей процесса абсорбции при изменении температуры ($T = 15$ и давления ($P = 1$ · осушаемого природного газа, а также выдача рекомендаций в практику прикладных исследований абсорбционной сушки в данных условиях.

Введение. Известно [1], что добываемый из недр земли природный газ содержит в себе водяные пары, которые в системе магистрального транспорта при изменении термобарических параметров приводят к образованию свободной воды, льда или гидратов. Поэтому перед магистральным транспортом добываемый природный газ необходимо подготовить так, чтобы удалить из его состава влагу. Наиболее распространенным способом осушки природного газа, является процесс абсорбционной осушки гликолями. Абсорбционный метод осушки природного газа основан на разности парциальных давлений водяных паров в газе и осушителе. В абсорбере при контакте жидкого осушителя с влажным газом процесс извлечения влаги из газа проходит до тех пор, пока величины парциального давления воды и над раствором осушителя не примут равные значения [1].

Актуальность. Проведенный библиографический анализ проблемы позволяет выделить ряд задач, требующих повышенного внимания в исследованиях теплообмена в аппаратах нефтегазовой отрасли: увеличение капельного уноса абсорбента с осушенным природным газом в систему магистрального транспорта; усиление коррозии оборудования; повышение потерь абсорбента в результате испарения. Перечисленные проблемы обусловлены снижением эффективности массообмена молекул воды из добываемого газа в фазу гликоля на тарелках абсорбера. В связи с этим **актуальным** является проведение различных исследований, которые будут направлены на разработку альтернативных способов повышения эффективности осушки добываемого пластового газа.

Практика показывает, что физическая сущность метода абсорбционной осушки газа состоит в абсорбции паров влаги с помощью абсорбентов-осушителей, которые выступают в роли поглотителей водяного пара. В качестве абсорбентов-осушителей принято использовать концентрированные водные растворы: моно-, ди-, а также триэтиленгликолей. Следует отметить, что описание используемых установок для абсорбционной осушки природного газа гликолями подробно рассмотрено и представлено, например, в [1, 2]. При этом установка для осушки природного газа состоит, как правило, из двух блоков:

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

Абсорбционной осушки;

Регенерации насыщенного водой абсорбента.

Так же к основным аппаратам установки следует отнести абсорбер и десорбер.

Абсорбер представляет из себя многофункциональный аппарат, состоящий из трех секций: *сепарационной, фильтрационной и массообменной*. Сепарационная секция предназначена для улавливания капельной воды, поступающей с потоком добываемого пластового газа. Фильтрационная секция предназначена для улавливания абсорбента, который уносится из массообменной секции в капельном виде совместно с потоком осушенного природного газа. Массообменная секция предназначена для извлечения воды, находящейся в газовом состоянии и поступающей с потоком флюида.

Десорбер предназначен для регенерации абсорбента, насыщенного водой, и состоит из десорбционной колонны тарельчатого типа с числом контактных устройств порядка 15 (см., например, [3]).

Следует заметить, что эффективность извлечения влаги из добываемого пластового газа во время проведения процесса абсорбционной осушки обусловлена разностью между точкой росы сухого газа и температурой контакта в абсорбере.

Как правило, эффективность извлечения воды из добываемого природного газа в установках абсорбционной осушки зависит от следующего:

потенциального содержания водяных паров в добываемом природном газе;

технологического режима эксплуатации установки абсорбера;

типа растворов гликоля, которые применяются в качестве абсорбента-осушителя;

эксплуатационных свойств абсорбента-осушителя.

В свою очередь, эффективность работы установок абсорбционной осушки добываемого природного газа характеризуется такими показателями как [5]:

точкой росы осушенного газа по воде;

величиной безвозвратных потерь абсорбента.

Известно, что основная потеря абсорбента происходит при его капельном уносе с осушенным природным газом в систему магистрального транспорта.

Результаты и их обсуждения. Для решения поставленной проблемы в работе исследовался процесс поверхностных явлений добываемого природного газа, протекающий в условиях изменения температуры и давления .

Анализ результатов исследования показывает, что молекулы, находящиеся во внутренних слоях вещества, в среднем испытывают одинаковое притяжение по всем направлениям со стороны окружающих молекул. Молекулы поверхностного слоя подвержены неодинаковому притяжению со стороны внутренних слоев вещества и со стороны, граничащей с поверхностным слоем. Так, на поверхности разделения паровой и жидкой фазы молекулы жидкой фазы находятся в поверхностном слое. Они способны испытывать большее притяжение со стороны соседних молекул, чем со стороны молекул паровой фазы. Из этого следует, что свойства поверхностных слоев вещества отличаются от свойств внутренних слоев.

Следует отметить, что при повышении поверхностного натяжения будет уменьшаться межфазная поверхность, что, в свою очередь, приведет к понижению степени дисперсности газовой фазы.

Анализ показывает, что достичь изменения параметра поверхностного натяжения можно следующими способами:

Повышением температуры в установки абсорбера;

Увеличением давления осушаемого природного газа;

Исследование позволяет утверждать, что увеличение давления на 1 МПа приводит к снижению поверхностного натяжения на 10-15% (см. рисунок 1), а увеличение температуры на 10 приводит к снижению поверхностного натяжения на 2-4% (см. рисунок 2).

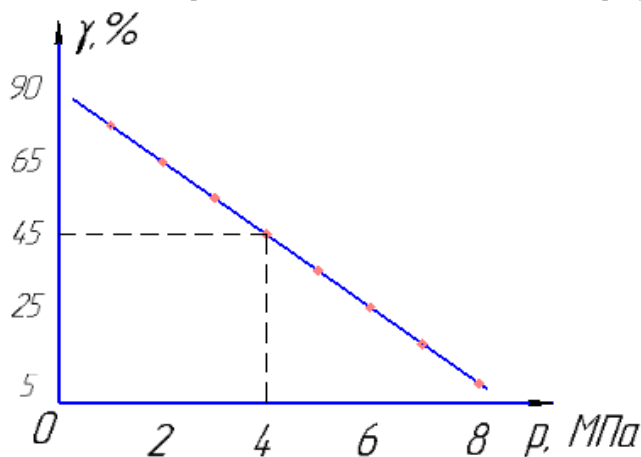


Рис. 1 – Изменение натяжения от давления

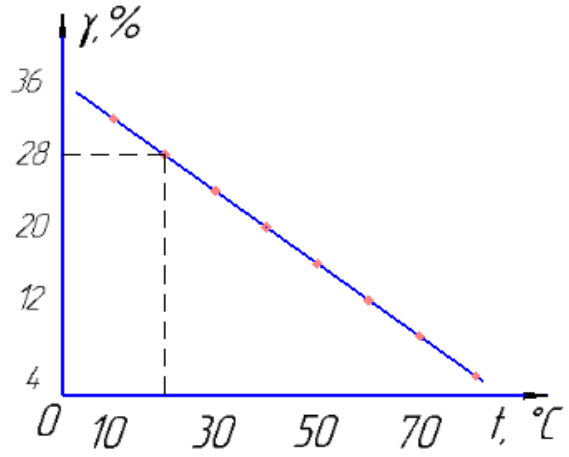


Рис. 2 – Изменение натяжения от температуры

Таким образом, расчеты показывают, что при прохождении добываемого природного газа через тарелки абсорбера происходит осушка и дробление его объема на более мелкие пузырьки и осушка, а из-за повышенного значения поверхностного натяжения гликоля снижаются потери при капельном уносе абсорбента в магистральный газопровод. Однако, данный эффект может негативно повлиять на эффективность осушки газа.

Заключение. В настоящей работе изложены результаты исследования технологического процесса абсорбции в диапазонах температур ($T = 15$ и давлений ($P = 1$ - Основные выводы сводятся к следующему:

исследован процесс капельного уноса абсорбента с осушенным природным газом в систему магистрального транспорта;

проанализирована зависимость изменения поверхностного натяжения абсорбента от температуры и давления;

предложен способ осушки природного газа, основанный на добавлении поверхностно-активных веществ в раствор гликолей, циркулирующей в системе;

даны рекомендации по улучшению функционирования технологического процесса в рамках указанных рабочих параметров устройств абсорбционной осушки природного газа.

Литература

1. Берлин М.А., Гореченков В.Г., Волков Н.П. Переработка нефтяных и природных газов. – М.: Химия, 1981. – 472 с.
2. Иканин С.А., Магарил Р.З. Совершенствование процесса абсорбционной осушки природного газа // Известия вузов. Нефть и газ, 2006. - №3 – С. 76-79.
3. Ланчаков Г.А., Кульков А.Н., Зиберт Г.К. Технологические процессы подготовки природного газа и методы расчета оборудования. – М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2000. – 279 с.
4. Роголев М.С., Магарил Р.З. Способ интенсификации процесса первичной перегонки нефти. // Известия вузов. Нефть и газ, 2008. - №5. – С. 90-93.
5. Carro J. Natural Gas Hydrates. A guide for engineer, 2nd edition, Elsevier Inc. 2009, 276 p.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВИБРОАКУСТИЧЕСКИХ ЭФФЕКТОВ В РЕОЛОГИЧЕСКИ СЛОЖНОЙ СРЕДЕ ПОД ДЕЙСТВИЕМ КРИТИЧЕСКИХ НАГРУЗОК

Д.Л. Вахитов

Научный руководитель – профессор С.Н. Харламов

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г.Томск, Россия

В данной работе представлена физико-математическая модель поперечных колебаний прямолинейных неоднородных участков трубопроводов в условиях пульсации полей давления и скоростей протекающих жидкостей.

По сравнению с известными работами здесь учитываются следующие физические особенности процесса:

- возможные аксиальные неоднородности геометрических и физических параметров трубопроводов;
- наличие заданного числа и значений упруго-жесткостных характеристик опор трубопроводов;
- распределенность параметров пульсирующих жидкостей.

Заметим, что в данных постановках задач динамические свойства и характеристики источников пульсаций рабочих жидкостей и присоединенных гидравлических цепей определяют формулировкой начальных и граничных условий.

При изгибных колебаниях трубопроводов с осевой цилиндрической симметрией в плоскостях их осей эффекты, типичные для тонкостенного стержня, не проявляются, так как центры изгибов всегда совпадают с центрами тяжести сечений.

$$EI \frac{\partial^4 y}{\partial x^4} = \frac{\partial^2 M}{\partial x^2}, (1)$$

Изгибающие моменты M в данном случае выражаются так:

$$M = M_0 - Ny. (2)$$

Из (2) следует, что

$$\frac{\partial^2 M}{\partial x^2} = P - N \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} - 2 \frac{\partial N}{\partial x} \frac{\partial y}{\partial x} - y \frac{\partial^2 N}{\partial x^2}, (3)$$

В случае прогиба системы поперечные силы, вызываемые внутренними давлениями p , при бесконечно малых расстояниях между сечением будут равны $S_{жс}(x)pd\varphi$, где $d\varphi$ - углы между сечениями. Значения этих сил принимаются равными на единицу длины $S_{жс}(x)pd\varphi / dx = -S_{жс}(x)p\partial^2 y / \partial x^2$. Здесь $d\varphi/dx = \partial^2 y / \partial x^2$ есть мера искривления осей.

Стоит также выделить, что траектории средних по сечениям скоростей течений жидкостей векторов не совпадают с изогнутыми осями систем, поэтому силы инерции жидкостей определяются не как силы инерции оболочек.

Применяя законы дифференцирования сложных функций, можно определить: