

типа. Для насосов есть комплекты плавного пуска, которые не только позволяют избежать гидроударов при включении, но и продлевают срок службы самого насоса.

Наконец, третий способ защиты от гидроудара – использование демпферного устройства – **мембранного расширительного бака**, который будет «гасить» скачки давления.

#### Литература

1. Сузуки Н. И, Тоеда М. Сейсмические нагрузки заглубленных трубопроводов и способность к деформации высокопрочных магистральных труб – Материалы конференции «Pipe Dreamer's», Йокогама, Япония, 2002г.
2. Сущев Т.С. Повышение безопасности магистральных нефтепроводов на участках пересечений с активными тектоническими разломами: Автореферат...дис. канд. техн. наук. – Уфа, 2010. – 26 с.
3. Природа гидроудара в системах. [Электронный ресурс].– Режим доступа к сайту: <http://aqua-rmnt.com/vodosnab/document/gidroudar-v-sistemax-vodosnabzheniya-i-otopleniya.html>.
4. Коэффициенты жесткости упругого основания (коэффициенты постели) для различных грунтов. [Электронный ресурс].– Режим доступа к сайту: <http://tehtab.ru/Guide/GuideMaterials/SurfaceDigging/CoefficientOfBed/>.
5. Новости [Электронный ресурс].– Режим доступа к сайту: <http://teknoblog.ru/2016/03/04/56734>.
6. Магистральный нефтепровод «Ванкорское месторождение - НПС «Пурпе»». [Электронный ресурс].– Режим доступа к сайту: [http://www.avtoprodai.ru/work/magistralnii\\_nefteprovodds/](http://www.avtoprodai.ru/work/magistralnii_nefteprovodds/)

### ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИРУЮЩЕЙ СХЕМЫ ПРОЦЕССА НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ СЕПАРАЦИИ МОДУЛЯ ПОДГОТОВКИ ГАЗА МЕСТОРОЖДЕНИЯ М (ТОМСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Ю.В. Торчинский, А.Д. Акопов

Научный руководитель профессор кафедры ТХНГ ИПР, доктор ф.-м. наук С.Н. Харламов  
Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

В данной работе планируется произвести моделирование процесса низкотемпературной сепарации модуля подготовки газа одного из месторождения Томской области. Актуальность работы связана с тем, что низкотемпературная сепарация, как технологический процесс является наиболее эффективным для подготовки продукции газоконденсатных месторождений, доля добычи по которым растет. В связи с тем, что состав газожидкостной смеси, поступающей на установку комплексной подготовки газа, для различных месторождений отличается, необходимо выбирать оптимальные параметры сепарации.

Главной целью работы является моделирование схемы низкотемпературной сепарации модуля подготовки газа месторождения М и оценка ее эффективности. Для достижения цели работы были определены следующие задачи: 1) изучить основные принципы низкотемпературной сепарации, ее эффективности; 2) овладеть приемом проведения расчетного исследования (Case Study) в моделирующей программе HYSYS; 3) исследовать эффективность процесса дросселирования и детандирования при условии, что начальные параметры охлаждаемых потоков одинаковы; 4) построить моделирующую схему установки низкотемпературной сепарации; 5) сделать общий вывод по работе.

Предметом исследований является газ месторождения М Томской области. Данное месторождение было выбрано как опытное месторождение по добыче газа и конденсата, а также из-за состава газа. Были предоставлены данные о составе газа, перепаде давлений и начальных температур потока. Данные представлены в таблице 1.

Таблица 1

Характеристики потока, поступающего на установку низкотемпературной сепарации

| Диапазон давлений | Начальная температура потока $t_p, t_p, t_z$ | Состав газа, % мольные |                               |                               |                                |                                |                 |                  |                |
|-------------------|----------------------------------------------|------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-----------------|------------------|----------------|
|                   |                                              | CH <sub>4</sub>        | C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> | C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> | C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> | C <sub>5</sub> H <sub>12</sub> | CO <sub>2</sub> | H <sub>2</sub> S | N <sub>2</sub> |
| 10-4МПа           | -20; -10; 0                                  | 0,9781                 | 0,0009                        | 0,0002                        | 0,00002                        | 0,00008                        | 0,0028          | -                | 0,0177         |

Вся работа была разбита на два исследования:

- 1) Исследование эффективности процесса дросселирования и детандирования;
  - 2) Построение изотермы и изобары конденсации, а также смоделировать принципиальную технологическую схему установки низкотемпературной сепарации газа.
1. Для исследования эффективности процессов в программном обеспечении HYSYS задаём материальный поток и создаём ему условия из данных полученных с месторождения. Далее создаем моделирующую схему дросселя и детандера. Рассчитываем температурный коэффициент  $\Delta T$  (коэффициент Джоуля-Томпсона. Он определяет изменение температуры при бесконечно малом изменении давления). [1] Изменить начальную температуру потока газа и оценить ее влияние на величину температурного коэффициента. Аналогично для исследования процесса детандирования. Все полученные данные представлены в таблице 2.

Таблица 2

Результаты исследования эффективности охлаждения газа

| Температура исследования, С° | Давление на входе, МПа | Давление на выходе, МПа | Температура после дросселирования, С° | Температурный коэффициент С°/МПа |
|------------------------------|------------------------|-------------------------|---------------------------------------|----------------------------------|
| -10                          | 10                     | 5                       | -33,55                                | 4,71                             |
| -20                          | 10                     | 5                       | -45,06                                | 5,01                             |
| 0                            | 10                     | 5                       | -22,55                                | 4,51                             |
| Температура исследования, С° | Давление на входе, МПа | Давление на выходе, МПа | Температура после детандирования, С°  | Температурный коэффициент С°/МПа |
| -10                          | 10                     | 5                       | -42,70                                | 6,54                             |
| -20                          | 10                     | 5                       | -52,29                                | 6,46                             |
| 0                            | 10                     | 5                       | -33,51                                | 6,70                             |

На основе полученных результатов, можно сделать вывод, что при одной и той же температуре (-10С°; -20С°; 0С°) после процесса детандирования, возможно большее снижение температуры (-42,70С°; -52,29С°; -33,51С°), чем при дросселировании (-33,55С°; -45,06С°; -22,55С°).

- Для установления практической зависимости температуры от выхода жидкой фазы построим изобару конденсации. Для этого воспользуемся существующим температурным диапазоном потока, поступающего на установку низкотемпературной сепарации от минус 20 до 0С° с шагом 5С° при давлении Р=10 МПа. Изобара представлена на рисунке 1.

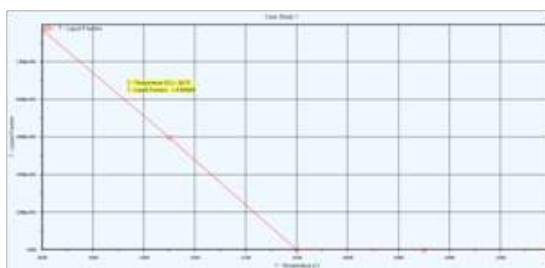


Рис. 1. Изобара конденсации

Наблюдаем обратную линейная зависимость количества выделившейся жидкой фазы от температуры.

Далее строим изотермы конденсации. Из теоретического раздела известно, что для каждой температуры существует давление, при котором выпадает наибольшее количество конденсата, и оно называется давлением максимальной конденсации. [2] Построим изотермы конденсации и определим значения требуемых давлений. Для этого устанавливаем зависимость количества выпадающей жидкой фазы от давления. Все полученные изотермы конденсации представлены на рисунке 2.

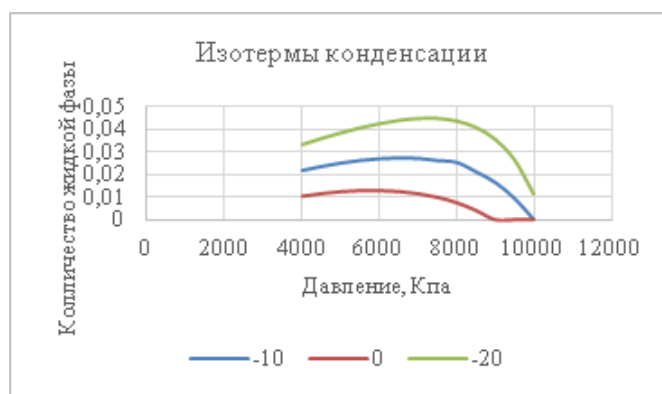


Рис. 2. Изотермы конденсации

Делаем вывод, что экстремум каждой из изотерм конденсации есть давление максимальной конденсации. Из полученных результатов можно сделать вывод о том, что: 1. Чем ниже температура, тем выше давление максимальной конденсации; 2. Чем ниже температура, тем больше жидкости выделяется из газового потока.

Далее строим моделирующую схему. На основе данных о составе газа, произведем моделирование двухступенчатой установки низкотемпературной сепарации с регулирующим клапаном (дросселем). [3] Данные из таблицы 1. Для того, чтобы оценить эффективность действующей установки низкотемпературной сепарации, сравним показатели точки росы по углеводородам, полученные в моделирующей схеме с требованиями СТО

Газпром. Температура точки росы, полученная при смоделированной схеме (HC Dew Point [Gas] [C]) составила -44,69 градусов. Таким образом, точка росы по углеводородам соответствует требованиям СТО Газпром, а, следовательно, данная установка низкотемпературной сепарации относительно подготовки товарного газа эффективна.

Определим качество отделяемого конденсата. Согласно ГОСТ Р 54389-2011 ДНП для газового конденсата должно быть не больше 66,7 кПа. Сравним показатели ГОСТ и получившиеся данные. Расчётное давление насыщенных паров (Reid VP at 37,8 C [kPa]) составило 5388. Полученный в результате конденсат не соответствует требованиям стандарта для стабильного конденсата. То есть полученный конденсат является нестабильным, для его стабилизации необходимо применение специальных методов, например, таких как метод ректификации, следовательно, необходима реализация отдельной установки по деэтанзации стабилизации конденсата.

Было проведено исследование и сравнение различных способов охлаждения газа. По полученным результатам можно сделать вывод о том, что охлаждение газа с помощью детандера более эффективно, чем при использовании дросселя. Однако установки охлаждения газа с детандером, стоят гораздо дороже, поэтому по экономической эффективности детандирования в ряде случаев уступает процессу дросселирования.

Так же была смоделирована схема двухступенчатой установки низкотемпературной сепарации. Полученный в результате моделирования газ соответствовал по точке росы требованиям СТО Газпром. Установлено, что процесс НТС проходил не при максимальном давлении конденсации, поэтому был произведен расчет потерь конденсата, которые составили 8,3%. Также была проведена оценка качества конденсата по требованиям ГОСТ Р 54389-2011. Был сделан вывод о том, что: полученный в результате конденсат не соответствует требованиям стандарта для стабильного конденсата. То есть полученный конденсат является нестабильным, для его стабилизации необходимо применение специальных методов, например, таких как метод ректификации, следовательно, необходима реализация отдельной установки по деэтанзации стабилизации конденсата.

### Литература

1. Ширковский А.И. Разработка и эксплуатация газовых и газоконденсатных месторождений. – М.: Недра, 1987.
2. Степанова Г.С. Низкотемпературная очистка природного газа. -//Газ.пром-ть, 1986, № 10. -47с.
3. Гурвич Г.Р., Карлинский Е.Д. Сепарация природного газа на газоконденсатных месторождениях. – М.: Недра, 1982.

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ПРОЦЕССА ПЛЕНОЧНОЙ КОНДЕНСАЦИИ ПАРА

Фам Динь Ан, Нгуен Бао Тоан

Научный руководитель профессор С.Н. Харламов

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Фазовые переходы веществ происходят в некоторых областях техники и играют очень большую роль в его развитии. В данной работе изложены некоторые общие закономерности переноса тепловой энергии при конденсации веществ. В природе и технике встречаются различные виды конденсации пара. Для объемной конденсации необходимо, чтобы пар был перенасыщен, т.е. его плотность должна превышать плотность насыщенного пара при данном давлении. При этом степень перенасыщения, при которой начинается конденсация тем больше, чем чище пар.

Чтобы происходил стационарный процесс объемной конденсации, в паре должны присутствовать центры конденсации и теплота парообразования необходимо непрерывно отводить от поверхности охлаждения. Течение пленки (гравитационной или сдвиговой) может быть ламинарным или турбулентным, в зависимости от расхода конденсата и его вязкости.

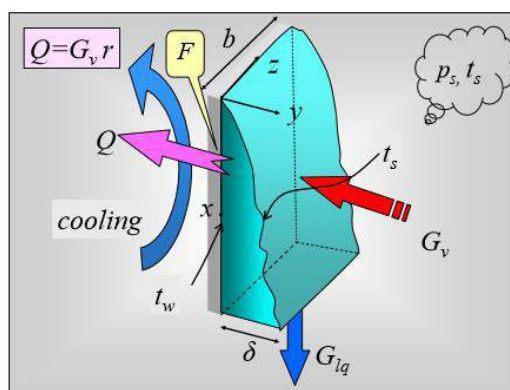


Рис. 1. Схема процесса конденсации