

- Нефтепереработка и нефтехимия. – 2013. – №10. – С.41 – 44.
- Персиянцев М.Н. Совершенствование процессов сепарации нефти и газов в промышленных условиях.– М.: ООО«Недра-Бизнесцентр», 1999. – 283с.
  - Тронов В.П. Разрушение эмульсий при добычи нефти.– ФЭН.: Казань,2000.-416с.
  - Ушева Н.В., Мойзес О.Е., Ким С.Ф., Гизатуллина С.Н. Влияние технологических параметров на процессы обезвоживания и обессоливания нефти//Известия ВУЗов. Химия и химическая технология. – 2014. – Т.57. Вып.11. – с.101-103.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАЗДЕЛЕНИЯ ПРИРОДНОГО ГАЗА С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

И.М. Долганов, Е.Н. Сизова, М.О. Писарев, И.О. Долганова

Научный руководитель доцент, к.т.н. Долганов И.М.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г.Томск, Россия

Газопереработка - одна из самых молодых отраслей промышленности, бурное развитие которой началось во второй половине XX-ого столетия. В настоящий момент зарекомендовал себя процесс низкотемпературной сепарации в технологии промышленной подготовки природного газа.

На основе математической модели процесса низкотемпературной сепарации используют компьютерный тренажер, который может отображать реальные процессы, протекающие в аппаратах в динамическом режиме.

Достоинством данного тренажера является то, что он устанавливается непосредственно в пункте управления процессом и оператор может реагировать в реальном времени на все реальные ситуации [2].

Процесс низкотемпературной сепарации используется для повышения качества подготовки газа к транспорту, для обеспечения эффективной и надежной работы установок подготовки и переработки газа, поэтому рассматриваемая тема – является актуальной.

Целью данной работы являлось разработка имитационной динамической модели процесса низкотемпературной сепарации газа и дальнейшее усовершенствование показателей продукта.

Основное назначение технологии низкотемпературной сепарации является осушка природного газа перед подачей в магистральный газопровод. Процесс сепарации основан на явлении конденсации жидкости в токе сырья из газовой фазы в сепараторах с последующим разделением жидких и газовых потоков, и направлением на дальнейшую переработку. Процесс осаждения осуществляется в сепараторах в несколько ступеней.

Для описания процесса НТС необходимо учесть следующие процессы:

1. Сепарация
2. Теплообменное оборудование
3. Дросселирование

Динамическая модель описывается дифференциальными уравнениями материального и теплового балансов.

С использованием имитационной динамической модели было выполнено моделирование процесса низкотемпературной сепарации в условиях динамического режима.

Основными регулирующими параметрами в процессе низкотемпературной сепарации газа в имитационной динамической модели были:

1. Точка росы
2. Расход
3. Давление
4. Температура

Основным показателем осушенного газа на выходе является точка росы. При анализе точки росы следует учитывать давление газа. Точка росы по влаге — наиболее широко используемый параметр качества газа, который используется в контрактах на поставку, которые заключаются между добывающими компаниями и конечными потребителями.

Значение влажности находилось в диапазоне от 0 – 100 мг/м<sup>3</sup>.

Поэтому в работе был выполнен расчет точки росы по воде с использованием [1].

Где значение точки росы  $t_x$  в зависимости от значения влажности  $\beta_g$  в диапазоне абсолютных давлений  $P$  от 0,1 до 1,99 МПа вычисляются по формуле (1):

$$t_x = \frac{1}{-0,000161 \ln(\beta_g) - 0,000165153 \ln(P) + 0,004648} - 273,15 \quad (1)$$

Где  $t_x$  – точка росы, °С;  $\beta_g$  – влажность, мг/м<sup>3</sup>;  $P$  – давление, МПа;

Так же был выполнен расчет точки росы  $t_x$  в зависимости от значения влажности  $\beta_g$  в диапазоне абсолютных давлений  $P$  от 2,0 до 10,0 МПа, который вычисляются по формуле (2):

$$t_x = \frac{1}{-0,00019561 \ln(P) + 0,004647} + (-0,1495P + 6,938) \ln(\beta_g) + 0,4316P^{0,28} (\ln(\beta_g))^2 - 273,15 \quad (2)$$

Где  $t_x$  – точка росы, °С;  $\beta_g$  – влажность, мг/м<sup>3</sup>;  $P$  – давление, МПа;

Значение влажности находилось в диапазоне от 0 – 100 мг/м<sup>3</sup>.

Также товарный газ должен соответствовать требованиям согласно [3]. Где температура точки росы по воде при абсолютном давлении 3,92 МПа (40,0 кгс/см<sup>2</sup>), °С, не выше, для макроклиматических умеренных и холодных районов в зимний период должна составлять минус 10°С и минус 20°С и в летний период минус 20°С и минус 14°С соответственно.

Как известно, что существует зависимость  $t_x = f(P, \beta_g)$ , на основе этого был построен график зависимости точки росы от давления и влажности с помощью программы Origin.

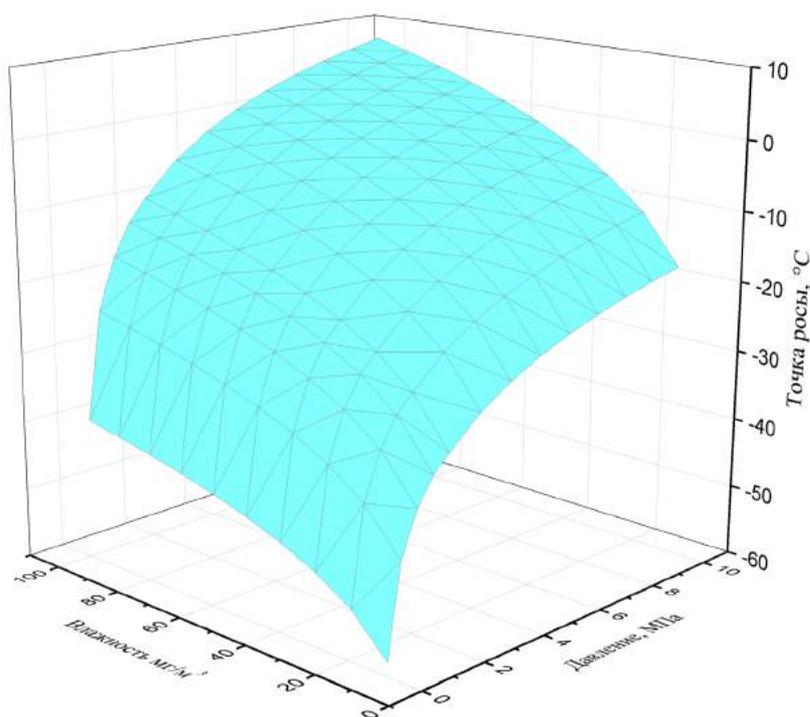


Рис. 1. График зависимости точки росы от давления и влажности

При давлении взятому 0,1 МПа и при влажности 10 мг/м<sup>3</sup> максимум точки росы наблюдается при минус 58,4454 °С, а при влажности 100 мг/м<sup>3</sup> значение точки росы находится при минус 39,8783 °С. При давлении 1 МПа и при влажности 10 мг/м<sup>3</sup> значение точки росы наблюдается при минус 39,3568 °С, при влажности 50 мг/м<sup>3</sup> значение находится при минус 24,28,1 °С, а при 100 мг/м<sup>3</sup> значение соответствует минус 17,1708 °С. Когда давление составляло 3 МПа, значения точки росы так же оставались отрицательными при той же влажности, которые составили минус 29,4682 °С и минус 5,1882 °С соответственно.

Однако первые положительные значения точки росы стали появляться при давлении 5 МПа и при влажности 100 мг/м<sup>3</sup>, где значение составило 0,5534 °С. И соответственно самые высокие значения точки росы были получены при давлении равному 10 МПа, где при влажности 10 мг/м<sup>3</sup> точка росы составила минус 17,9681 °С, а при 100 мг/м<sup>3</sup> - 7,6456 °С.

То есть при давлении взятом в интервале от 0,1 до 10 МПа и при влажности от 10 до 100 мг/м<sup>3</sup> значения точки росы соответствуют от минус 58,4454 и до 7,6456 °С. Значит с увеличением давления, точка росы возрастает.

Таким образом, была разработана имитационная динамическая модель процесса низкотемпературной сепарации газа на основе математических моделей. Данная модель пригодна для использования в качестве компьютерного тренажера. Так же был произведен расчет точки росы по воде, где согласно СТО 089 – 2010, точка росы по расчетам при давлении 3,92 МПа составила минус 20,1210 °С для холодных районов в зимний период при влажности равной 20 мг/м<sup>3</sup>, а в летнее время минус 12,7866 °С при влажности 40 мг/м<sup>3</sup>. Данные свидетельствуют, что расчет произведен верно и данную методику можно применять в разработанной модели.

#### Литература

1. ГОСТ 53769 – 2009. Определение температуры точки росы по воде [Текст]. – введ.15.12.2009. – М.: Издательство стандартов, 2010. – 24 с.
2. Софиев А.Э. Тренажерные комплексы для обучения операторов потенциально опасных химико-технологических производств / Софиев А.Э., Черткова Е.А. // Приборы. - 2006. - №12 С. 57-59.
3. СТО Газпром 089-2010 Газ горючий природный, поставляемый и транспортируемый по магистральным газопроводам. Технические условия. [Текст]. – введ.25.10.2010. – М.: Издательство стандартов, 2010. – 5 с.