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 деэтанизации 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 случаем 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 деэтанизации 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

Из общего описания процесса конденсации следует представление о пленке конденсата как некотором тонком слое, обладающем термическим сопротивлением, через которое к охлаждаемой стенке переносится теплота фазового превращения, выделяющаяся на поверхности раздела фаз пар – жидкость (рисунок 2.).





- поверхность 1 расположена в паровом объеме бесконечно близко к границе раздела фаз пар-жидкость;
 - · поверхность 2 расположена в пленке конденсата бесконечно близко к границе раздела фаз;
- поверхность 3 расположена в пленке конденсата бесконечно близко к стенке;
- поверхность 4 есть поперечное сечение пленки конденсата.

Рассмотрим потоки через поверхность раздел фаз, это поверхность имеет нулевую толщину и нулевую массу. Уравнения сохранения массы и энергии для такого контрольного объема сводятся к условию равенства потоков массы и энергии через (1) и (2): входящие и уходящие потоки должны быть: $G_{lq} = G_v = G$ (кг/с.м) G_{lq} – расход конденсата, отводимого через (2) от поверхности раздела фаз; G_v – количеству пара, подведенного к межфазной границе через (1). В записи потоков тепловой энергии необходимо учесть конвективные потоки энтальпии и кондуктивные тепловые потоки:

$$\begin{array}{l} G_{\nu}h_{\nu_{x}} + \underbrace{Q_{1}}_{vepes} = G_{1q}h_{1s} + \underbrace{Q_{2}}_{koneexqua} \\ Koneexquas \\ vepes (1) \\ vepes (1) \\ vepes (2) \end{array}$$
(1)

Кондуктивный поток Q₁ в паровой фазе следует считать нулевым, поскольку температура в чистом насыщенном паре постоянна и равна температуре насыщения.

Разность энтальпий пара $h_{_{VS}}$ и жидкости $h_{_{IS}}$ на линии насыщения есть скрытая теплота конденсации r, r = $h_{_{VS}} - h_{_{IS}}$, получим

$$G.r = Q_{a}$$
(2)

Тепловой баланс для контрольного объема, ограниченного поверхностями (2), (3) и (4):

$$G_{1q}h_{lq,s} + \underbrace{Q_2}_{\substack{Kondyxqua \\ vepes}(2)} = \underbrace{Q_3}_{\substack{Kondyxqua \\ vepes}(4)} + \underbrace{G_{1q}h_{lq,sup}}_{\substack{Kondyxqua \\ mennoonnood \\ \kappa \ cmenke}} + \underbrace{G_{1q}h_{lq,s}}_{\substack{Kondyxqua \\ repes}(4)} = \underbrace{Q_3}_{\substack{Kondyxqua \\ repes}(2)} + \begin{bmatrix} G_{1q}h_{lq,s} - G_{1q}h_{lq,sup} \\ G_{nodyxqua \\ repes}(4) \end{bmatrix} - \underbrace{Q_4}_{\substack{Kondyxqua \\ koneexqua \\ vepes}(4)} = \underbrace{Q_4}_{\substack{Kondyxqua \\ repes}(4)} = \underbrace{Q_4}_{\substack{Kondyxqua$$

стенке

$$G.r = Q_3 = Q_2 = Q \tag{5}$$

Дифференциальным уравнением массового баланса для конденсата и определяет скорость увеличения расхода жидкости в пленке вследствие конденсации пара на ее поверхности.



Рис. 3. Увеличение расхода конденсата



Рис. 4. Теплопроводность и конвекция в пленке

Тепловой поток Q₄ через сечение пленки в продольном направлении для тонкой пленки конденсата также оказывается пренебрежимо малой величиной, поскольку продольные градиенты температуры пренебрежимо малы по сравнению с поперечными:

$$\frac{\delta}{x} \square 1 \Longrightarrow \frac{t_s - t_w}{x} \square \frac{t_s - t_w}{\delta}$$
(7)

Для ламинарной пленки легко получить более конкретные оценки:

$$\frac{Q_4}{Q_2} \approx \frac{\lambda_{iq} \frac{I_s - I_w}{x}(\delta b)}{\lambda_{iq} \frac{I_s - I_w}{\delta}(\delta b)} = \left(\frac{\delta}{x}\right)^2 \Box \quad 1$$
(8)

Соотношения $G.r = Q_3 = Q_2 = Q$ и соответствующую словесную формулировку: теплота фазового перехода, выделяющаяся на поверхности раздела фаз, переносится к охлаждаемой стенке транзитом через пленку конденсата посредством молекулярной и турбулентной теплопроводности можно записать следующим образом

где q_y – локальная плотность поперечного (т.е. по нормали у к стенке) теплового потока, λ – молекулярная теплопроводность жидкой фазы (конденсата), $\lambda_{\rm T}$ – турбулентная теплопроводность, зависящая от скорости,

$$q_{y} = -(\lambda + \lambda_{T})\frac{\partial t}{\partial y} = const \text{ no } \kappa oopdu \text{ hame } y$$
(9)

толщины пленки, расстояния у от стенки (для расчета $\lambda_{\rm T}$ должна быть привлечена подходящая модель турбулентности).

Рассмотренное явление конденсации пара имеют громадное значение, с которым сталкивается каждый человек ежедневно. В работе многие сложные формулы и вычисления были сознательно пропущены, т.к. подробное вычисление лежит на границе наших познаний.

Литература

- Тепломассообмен / Цветков Ф.Ф., Григорьев Б.А. и др // Учебное пособие для вузов. М.: Издательство МЭИ, – 2005. — С. 550.
- Тепломассообмен / Брюханов О.М., Шевченко С.Н. // Учебное пособие. М.: Издательство АСВ, 2005. — С.461.

ПОНЯТИЕ О МЕТОДАХ ПОДОБИЯ И АНАЛИЗЕ МОДЕЛИ ПРОЦЕССА ВЫБРОСА БОЛЬШИХ МАСС ЖИДКОСТИ ИЗ ГАЗОПРОВОДА

Фан Куок Хань, Нгуен Динь Тхинь

Научный руководитель профессор Харламов С.Н.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Теория подобия в настоящее время широко используется для обобщения экспериментальных данных и общего анализа физических явлений. С помощью этого теории физические величины можно объединять в безразмерные комплексы.

Понятия о теории подобия основаны из трех теорем подобия: в подобных явлениях одноименные числа подобия равны; решение дифференциального уравнения можно представить в виде функции от чисел подобия, полученных из этого уравнения; условия однозначности явлений подобны, а числа подобия, составленные из этих условий однозначности, равны.

Бывают следующие виды подобия: геометрическое – подобие геометрических фигур; тепловое – подобие тепловых потоков и температурных полей; кинематическое – подобие движений жидкостей; динамическое – подобие сил, вызывающих подобные движения [1].

Критерий Нуссельта является основным определяемым критерием подобия конвективных теплообмен, который характеризует отношение плотности теплового потока конвективной теплоотдачей к плотности теплового потока теплопроводности в слое текучей среды вблизи стенки [2]:

$$Nu = \frac{q_{\kappa one}}{q_{Tenzonpogod}} = \frac{\alpha \cdot \Delta T}{\lambda_f \cdot \partial T / \partial n} = \frac{\alpha \cdot \Delta T}{\lambda_f \cdot \Delta T / R_0} = \frac{\alpha}{\left(\lambda_f / R_0\right)} = \frac{\alpha \cdot R_0}{\lambda_f};$$

где $q_{_{RONG}}$ – плотность теплового потока конвективной теплоотдачей, рассчитываемая по закону теплоотдачи Ньютона, $q_{_{Tеплопроводов}}$ – плотность теплового потока в теплопроводной части пограничного слоя, рассчитываемая по закону Фурье.

К группе определяемых критериев также относят критерий Эйлера, который характеризует отношение силы давления к силе инерции или отношение энергии давления к кинетической энергии потока [2]: