

УДК 665.12.001.57

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ПРОЦЕССОВ ДЕЪТАНИЗАЦИИ И СТАБИЛИЗАЦИИ ГАЗОВОГО КОНДЕНСАТА МЫЛЬДЖИНСКОГО ГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

А.В. Кравцов, Н.В. Ушева, Н.А. Барамыгина

Томский политехнический университет

E-mail: usheva@xtt.chtd.tpu.edu.ru

Приведены математические модели процессов деътанзации и стабилизации газового конденсата, описание модулей моделирующей системы, результаты расчетов по влиянию технологических параметров на процессы разделения.

При промышленной подготовке газа и газового конденсата для достижения необходимого качества товарных продуктов, требуемого для успешной транспортировки и дальнейшей переработки, необходимо добиваться оптимальной четкости разделения, что особенно важно для установок комплексной подготовки газа (УКПГ) и установок деътанзации и стабилизации конденсата (УДСК).

На основе опыта создания моделирующих систем для различных технологий, нами была разработана моделирующая система исследования и прогнозирования технологических режимов УКПГ с учетом эффективности работы сепарационного оборудования [1]. Вместе с тем, промышленная подготовка газа и газового конденсата включает два основных производства УКПГ и УДСК. Структурная технологическая схема УДСК приведена на рис. 1. Для решения задач анализа и последующей оптимизации режимов работы действующих установок, а также повышения качества проектирования установок и аппаратов подготовки газа, газового конденсата необходимо разработка комплексной моделирующей системы (МС), включающей модуль расчета УДСК (рис. 2).

Построение математических моделей процессов, используемых в технологии УДСК, происходит по иерархической схеме, основанной на системном подходе (рис. 3)

Таким образом, математическое описание аппарата формируется из разработанного набора необходимых модулей. Модуль расчета тарелки колонны основан на четырехпоточной модели.

Приведем математическую модель процессов протекающих на тарелке, в соответствии с рис. 4.

Все параметры без индекса 1 являются известными, а параметры с индексом 1 необходимо рас-

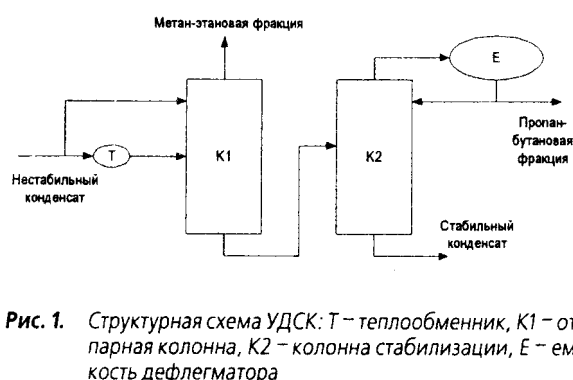


Рис. 1. Структурная схема УДСК: Т – теплообменник, К1 – отпарная колонна, К2 – колонна стабилизации, Е – емкость дефлегматора

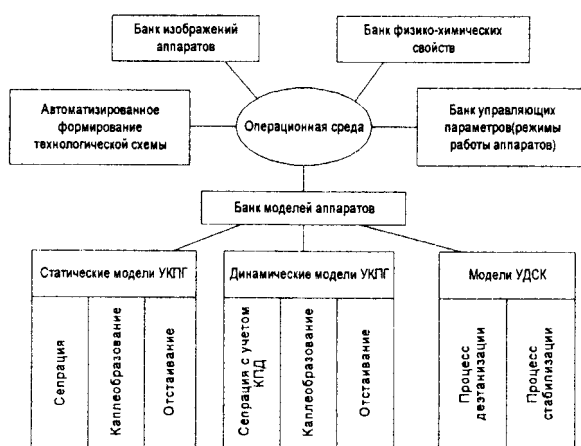


Рис. 2. Структура моделирующей системы технологии промышленной подготовки газа и газового конденсата

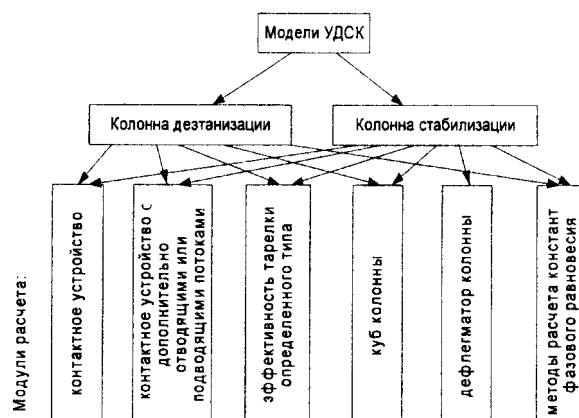


Рис. 3. Структура формирования математических моделей УДСК

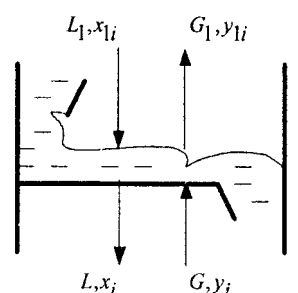


Рис. 4. Схема потоков на тарелке (к описанию модели процесса). Расход и состав: L, x_i – жидкости, спускающейся с тарелки; G, y_i – пара, поступающего на тарелку; L_1, x_{1i} – жидкости, поступающей на тарелку; G_1, y_{1i} – пара, уходящего с тарелки

Таблица 1. Результаты расчета колонны деэтанализации K1

Вещество	Содержание, % мольн.				
	НК	Метан-этановая фракция (МЭФ)		Деэтанализованный конденсат (ДЭК)	
		Расчет	Эксперимент	Расчет	Эксперимент
CH ₄	10,73	53,59	54,51	1,25	1,01
C ₂ H ₆	6,56	25,86	25,28	2,28	2,24
C ₃ H ₈	15,49	15,32	15,23	15,53	15,60
i-C ₄ H ₁₀	7,51	2,39	2,13	8,65	8,71
n-C ₄ H ₁₀	11,47	2,03	2,01	13,56	13,59
i-C ₅ H ₁₂	7,20	0,46	0,43	8,69	8,71
n-C ₅ H ₁₂	7,35	0,35	0,31	8,90	8,92
C ₆₊	33,69	0,0	0,0	41,14	41,20
Расход, кг/ч	31243	2142	2146	29093	29097

Таблица 2. Результаты расчета колонны стабилизации K2

Вещество	Содержание, % мольн.				
	ДЭК	Пропан-бутановая фракция (ПБФ)		Стабильный конденсат (СК)	
		Расчет	Эксперимент	Расчет	Эксперимент
CH ₄	1,25	3,03	2,33	0,0	0,0
C ₂ H ₆	2,28	7,12	6,76	0,0	0,0
C ₃ H ₈	15,53	44,52	45,07	0,0	0,0
i-C ₄ H ₁₀	8,65	22,34	22,66	1,37	1,09
n-C ₄ H ₁₀	13,56	20,46	20,76	9,76	9,71
i-C ₅ H ₁₂	8,69	1,65	1,56	12,44	12,51
n-C ₅ H ₁₂	8,90	0,88	0,86	13,18	13,11
C ₆₊	41,14	0,0	0,0	63,25	63,58
Расход, кг/ч	29097	6413	6393	22704	22684

считать. Расчет проводится в следующей последовательности:

1. Определяем состав пара, покидающего тарелку, y_i [2]:

$$y_{1,i} = y_i + \eta \cdot (y_i^* - y_i),$$

где η – КПД тарелки; y_i^* – равновесный состав пара.

2. В данной работе предлагается рассчитывать расход пара, покидающего тарелку, G_i :

$$G_1 = \sum_{i=1}^k GG_{1,i},$$

где $GG_{1,i}$ – покомпонентный расход пара, покидающего тарелку; k – количество компонентов;

$$GG_{1,i} = GG_i + \eta \cdot (GG_i^* - GG_i),$$

где GG_i – покомпонентный расход пара, поступающего на тарелку; GG_i^* – равновесный покомпонентный расход пара, находящегося на тарелке, который определяется по формуле:

$$GG_i^* = e \cdot L \cdot y_i^*$$

где e – доля отгона.

3. Расход L_1 определяется из материального баланса тарелки [2]:

$$L_1 = G_1 - G + L.$$

4. Определяем состав жидкости, спускающейся на тарелку, $x_{1,i}$ из покомпонентного материального баланса тарелки [2]:

$$x_{1,i} = \frac{G_1 \cdot y_{1,i} - G \cdot y_i + L \cdot x_i}{L_1}.$$

Таким образом, все расходы и составы потоков на i -ой тарелке определены.

При составлении математического описания процесса необходимо подключить нежные модули расчета, например модули расчета: "тарелка", "куб колонны", "метод расчета констант фазового равновесия" и др. должны быть обязательно включены в расчет любой колонны, а "дефлегматор" отсутствует в случае отпарной колонны.

Разработанные модули, позволяют провести расчеты процессов деэтанализации и стабилизации конденсата и определить:

- изменение нагрузки по высоте аппарата по жидкости и по пару;
- изменение составов жидкой и паровой фаз по тарелкам;
- профиль температур;
- расход и состав нижнего продукта (деэтанализованного или стабильного конденсата);
- расход и состав верхнего продукта (метан-этановой фракции или пропан-бутановой фракции) при следующих исходных данных:
- расход и состав питания;
- температуры низа и верха колонны;
- температура потока питания;
- давление по колонне.

Сравнение результатов расчета по модели УДСК

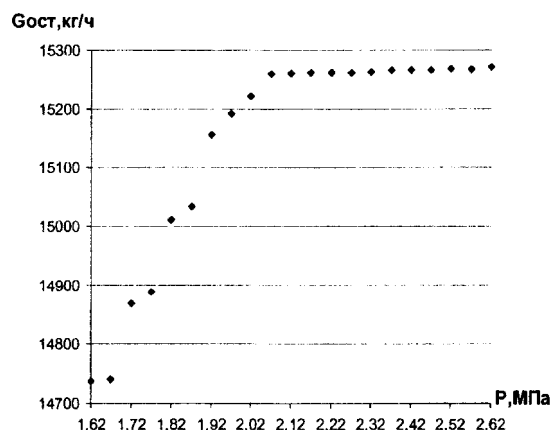


Рис. 5. Зависимость покомпонентного расхода в ДЭК от давления. $G_{ост}$ – покомпонентный расход остатка в ДЭК

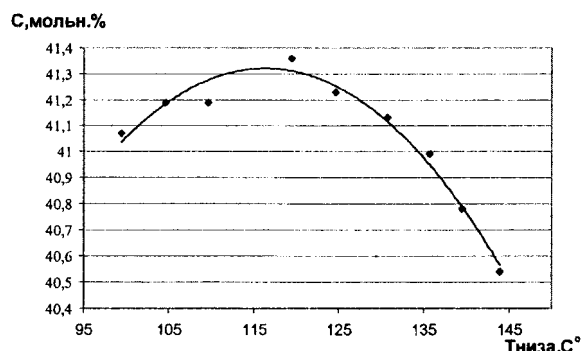


Рис. 6. Изменение доли остатка в ДЭК в зависимости от температуры низа колонны

для Мыльджинского газоконденсатного месторождения (ГКМ) с экспериментальными данными приведены в табл. 1, 2.

Исходные данные для расчета колонны К1: $P=2,08$ МПа; температура: верха – 35°C ; низа колонны – 129°C ; потока питания – 128°C ; расход питания – 20990 кг/ч; расход холодного орошения – 10254 кг/ч. Состав нестабильного конденсата (НК) приведен в табл. 1. Молекулярная масса остатка – 110 .

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иванов В.Г., Маслов А.С., Кравцов А.В., Ушева Н.В., Гавриков А.А. Повышение эффективности технологии промысловой подготовки газового конденсата // Газовая промышленность. – 2003. – № 7. – С. 54–57.

Исходные данные для расчета колонны К2: $P=1,47$ МПа; температура: верха – 70°C ; низа колонны – 175°C ; потока питания – 118°C ; расход питания (из расчета колонны деэтанзации); расход флегмы – $17050,24$ кг/ч. Состав деэтанзированного конденсата приведен в табл. 2. Молекулярная масса остатка – 110 .

Средняя погрешность расчета составляет $5...7\%$, за исключением погрешности по метану в деэтанзированном конденсате и пропан-бутановой фракции, которая составляет порядка 20% . Содержание метана в этих потоках незначительное и такую погрешность можно считать приемлемой.

Представленные результаты показывают, что полученные математические модели удовлетворительно описывают экспериментальные данные.

Разработанные модули позволяют проводить исследования технологических режимов УДСК, оперативно прогнозировать и выбирать наиболее эффективные режимы работы промышленных установок. На рис. 5 приведены результаты исследования влияния давления на количество остатка в ДЭК.

При увеличении давления от $1,62$ до $2,02$ МПа происходит некоторое увеличение количества остатка в ДЭК (т.е. он переходит из МЭФ), а начиная с давления $2,12$ МПа это значение не изменяется, поскольку весь остаток находится в ДЭК. На рис. 6 приведены результаты исследования влияния температуры низа колонны на содержание остатка в ДЭК.

Из рис. 6 следует, что оптимальная температура проведения процесса – 120°C , так как при этой температуре достигается максимальная степень извлечения.

Таким образом, разработанные модули УДСК и модули расчета УКПГ позволяют сформировать комплексную профилированную МС первичной подготовки газа и газового конденсата с целью оптимизационных расчетов, выдачи рекомендаций и принятию обоснованных технологических решений.

2. Кафаров В.В., Глебов М.Б. Математическое моделирование основных процессов химических производств: Учеб. пособие для вузов. – М.: Высшая школа, 1991. – 400 с.
3. Баталин О.Ю., Брусиловский А.И., Захаров М.Ю. Фазовые равновесия в системах природных углеводородов. – М.: Недра, 1992. – 272 с.