

УДК 665.6/.7

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ И ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ СЕПАРАЦИИ

А.В. Кравцов, Н.В. Ушева, О.Е. Мойзес, Е.А. Кузьменко, О.В. Ануфриева

Томский политехнический университет

E-mail: moe@tpu.ru

С целью определения оптимальных технологических режимов работы установки комплексной подготовки газового конденсата с применением моделирующей системы были выполнены исследования по влиянию термобарических параметров на выход и качество товарного газа. Исследовано влияние параметрической чувствительности на основные показатели процесса низкотемпературной сепарации: выход товарного газа и температуру точки росы по углеводородам, рекомендованы наиболее эффективные режимы работы установки.

Ключевые слова:

Газовый конденсат, промысловая подготовка, сепарация, технологический параметр, оптимизация, технология, параметрическая чувствительность.

Key words:

Gas condensate, field preparation, separation, process parameter, optimization, techniques, parametric sensitivity.

При промысловой подготовке газов и газовых конденсатов наиболее часто используется технология низкотемпературной сепарации (НТС). Несмотря на то, что данная технология достаточно хорошо изучена, широко применяется на практике и является экономически обоснованной, возможно повышение эффективности работы действующих установок и обеспечение требуемого качества и количества товарной продукции за счет оптимизации технологических режимов установки комплексной подготовки газов [1, 2].

Выбор оптимальных режимов, которые при НТС определяются, в основном, сочетанием термобарических условий, является не простой задачей. Известно, что технология НТС предусматривает многоступенчатую сепарацию со сложной последовательно-параллельной схемой обработки материальных потоков в сепараторах и разделителях жидкости, а также учитывает потоки, поступающие с установок деэтаннизации и стабилизации газового конденсата. Таким образом, технологическая схема предусматривает широкий диапазон изменения режимных параметров. В связи с этим при подборе оптимальной технологии установки комплексной подготовки газового конденсата (УКПГ) одним из возможных путей решения поставленных задач может служить оценка параметрической чувствительности основных показателей процесса к изменению температуры и давления в аппаратах.

С целью определения оптимальных технологических режимов УКПГ (рис. 1), нами были проведены исследования с использованием технологической моделирующей системы. Моделирующая система комплексной подготовки газового конденсата, имеет модульный принцип построения [3, 4]. Математические модели, составляющие основу технологической моделирующей системы, позволяют рассчитывать процессы: сепарации, каплеобразования и разделения жидкостей с учетом отделения водометанольных растворов [4].

При проведении исследований варьировались значения температуры и давления, как на отдельных ступенях сепарации, так и при одновременном изменении параметров на нескольких ступенях сепарации, относительно текущего (базового) режима работы промышленной установки (табл. 1). В табл. 2 приведены варианты варьирования технологических параметров при расчете процессов НТС относительно базового варианта.

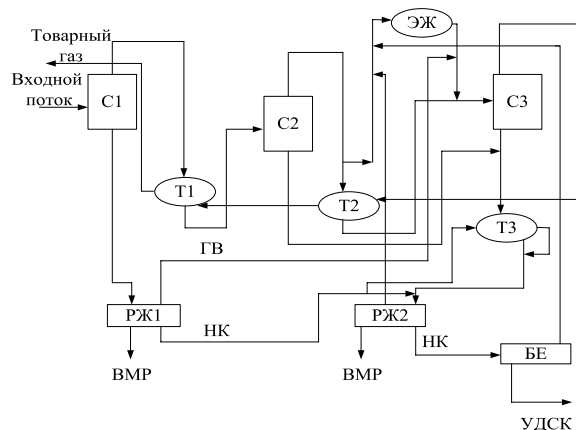


Рис. 1. Технологическая схема установки промысловой подготовки газового конденсата: C1, C2, C3 – сепараторы первой, второй и третьей ступеней сепарации; T1, T2, T3 – теплообменные аппараты; ЭЖ – блок эжекторов; РЖ1, РЖ2 – разделители жидкости; БЕ – буферная емкость; НК – неустойчивый конденсат; ВМР – водометанольный раствор; УДСК – установка деэтаннизации и стабилизации газового конденсата

Таблица 1. Значения параметров базового варианта

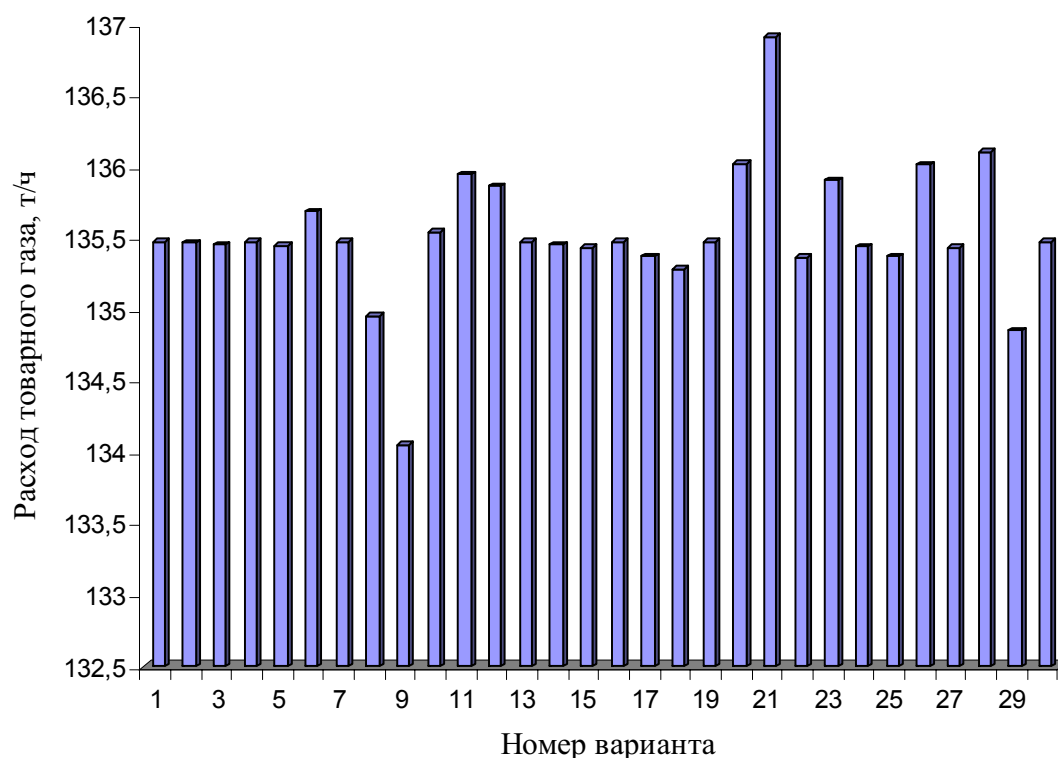
Сепаратор	Параметр	
	Температура, °С	Давление, МПа
1	27,3	8,6
2	2,9	8,3
3	-32,0	4,4

Таблица 2. Варианты варьирования температуры и давления при расчете НТС

Номер варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		11		12	
№ сепаратора	1	1	1	2	2	2	3	3	3	1	2	2	3	1	3
Варьируемый параметр: температура, °C	27	20	15	3	0	-5	-32	-35	-40	20	3	0	-35	20	-35

Номер варианта	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22		23	
№ сепаратора	1	1	1	2	2	2	3	3	3	1	2	2	3
Варьируемый параметр: давление, МПа	8,6	7,0	5,0	8,3	6,0	4,0	4,4	3,0	2,0	7,0	6,0	6,0	3,0

Номер варианта	24		25		26		27		28		29		30	
№ сепаратора	1	1	1	2	1	3	2	2	2	3	3	2	3	3
Варьируемые параметры: температура, °C	20		20		20		0		0		-35		-35	
давление, МПа		7,0		6,0		3,0		6,0		3,0		6,0		3,0

**Рис. 2.** Расход товарного газа при различных технологических режимах

Для оценки эффективности работы УКПГ были рассчитаны такие показатели как выход товарного газа, выход конденсата, содержание углеводородов C_{5+} в товарном газе, влагосодержание товарного газа и точка росы по углеводородам.

Зависимость основного показателя работы установки — выхода товарного газа от варьируемых технологических параметров представлена на рис. 1.

По данным, полученным в результате численного эксперимента, выполнен анализ параметрической чувствительности. Параметрическая чувствительность рассчитывалась, как отношение изменения расхода товарного газа и температуры точки росы по углеводородам (ТВ) к интервалу изменения варьируемого параметра. Отрицательное значение параметрической чувствительности указывает на тенденцию снижения вклада исследуе-

мого параметра, а положительное — на увеличение. Значения параметрической чувствительности по всем основным показателям качества работы УКПГ приведены в табл. 3.

Таблица 3. Параметрическая чувствительность основных показателей качества работы УКПГ

Основные показатели	Параметрическая чувствительность, %		
	C1	C2	C3
При уменьшении температуры на 1 °С			
Расход товарного газа	-0,02	0,02	-0,13
Точка росы по углеводородам	0,04	-0,43	3,45
При уменьшении давления на 1 МПа			
Расход товарного газа	-0,01	-0,03	0,45
Точка росы по углеводородам	0,20	0,72	-10,90

Показано, что на выход товарного газа в исследованном диапазоне варьирования параметров заметное влияние оказывает изменение температуры и давления в третьем сепараторе (табл. 3), причём, параметрическая чувствительность по давлению выше, чем по температуре. Уменьшение температуры приводит к снижению выхода товарного газа, а с уменьшением давления увеличивается производительность установки по товарному газу (рис. 2).

Показателями, которые характеризуют качество подготовки газа, являются точка росы, содержание C_{Σ} и влажосодержание газа. Снижение температуры приводит к повышению качества подготовленного товарного газа, как по отделению тяжёлых углеводородов, так и по отделению воды. Снижение давления отрицательно влияет на качество подготовки газа. Однако, при этом, значения точки росы соответствуют ГОСТ.

Исследования показали, что при промышленной подготовке газового конденсата целесообразно выполнять одновременное варьирование параметров на нескольких ступенях сепарации. Наиболее эффективные режимы работы установки с точки зрения выхода товарного газа и показателей качества приведены в табл. 4.

Таблица 4. Оптимальные режимы работы установки

Вариант	Параметры	Выход товарного газа, т/ч	Выход конденсата, т/ч	Точка росы по УВ, °C
Базовый 1		135,473	25,738	-17,84
6	$T_2 = -5\text{ °C}$	135,686	25,529	-17,23
11	$T_2 = 0\text{ °C}$ $T_3 = -35\text{ °C}$	135,946	25,266	-16,31
12	$T_1 = 20\text{ °C}$ $T_3 = -35\text{ °C}$	135,865	25,346	-16,55
20	$P_3 = 3\text{ МПа}$	136,021	25,189	-16,05
23	$P_2 = 6\text{ МПа}$ $P_3 = 3\text{ МПа}$	135,905	25,302	-16,36
26	$T_1 = 20\text{ °C}$ $P_3 = 3\text{ МПа}$	136,015	25,196	-16,06
28	$T_2 = 0\text{ °C}$ $P_3 = 3\text{ МПа}$	136,107	25,106	-15,82

Сравнительный анализ результатов расчета с базовым вариантом показал, что увеличение выхода товарного газа наблюдается при снижении температуры во втором сепараторе, одновременном снижении температуры во втором и третьем, а также в первом и третьем сепараторах. Кроме того, аналогичная тенденция наблюдается при снижении давления в третьем сепараторе, при одновременном снижении давления во втором и третьем сепараторах, а также при снижении температуры в первом и давления в третьем сепараторах, либо температуры во втором и давления в третьем сепараторах.

Наиболее эффективными из всех приведённых вариантов расчета являются технологические режимы, соответствующие 26 и 28 вариантам

(табл. 4). Сочетание параметров в данных технологических режимах обеспечивает существенное увеличение выхода товарного газа при незначительном снижении показателей его качества, что допустимо и согласуется с ГОСТ.

В результате исследований было показано, что наибольшее влияние оказывает изменение температуры и давления на третьей ступени сепарации, поэтому были проведены исследования по анализу параметрической чувствительности на нескольких более узких интервалах изменения параметров с целью определения характера зависимости параметрической чувствительности (табл. 5).

Показано что зависимость параметрической чувствительности от температуры имеет экстремальный характер. Максимальное значение наблюдается в интервале температур $-34\ldots-33\text{ °C}$. Дальнейшее снижение температуры уже не приводит к существенному изменению выхода товарного газа. При увеличении давления в СЗ выход товарного газа уменьшается, а параметрическая чувствительность на отдельных интервалах значений давления характеризуется различной динамикой.

Таблица 5. Параметрическая чувствительность выхода товарного газа и точки росы от температуры и давления в третьем сепараторе

Температура, °C	Параметрическая чувствительность		Давление, МПа	Параметрическая чувствительность	
	точки росы по УВ, (°C т.р.)/°C	выхода товарного газа, (т/ч)/°C		точки росы по УВ, (°C т.р.)/МПа	выхода товарного газа, (т/ч)/МПа
-32	0,500	0,154	4,4	1,235	0,375
-33	0,615	0,184	3,5	1,480	0,458
-35	0,635	0,182	3,0	2,540	0,798
-37	0,640	0,178	2,5	3,020	0,978

Таким образом, анализ параметрической чувствительности позволяет выявить закономерности влияния изменения технологических условий при эксплуатации УКПГ и использовать их при оценке оптимальных режимов работы установки.

Выводы

Показано, что значение параметрической чувствительности может служить количественной оценкой выхода и качества товарной продукции процесса низкотемпературной сепарации.

Установлено, что для данной установки комплексной подготовки газового конденсата наиболее существенное влияние оказывает изменение температуры и давления на третьей ступени сепарации.

Определены оптимальные режимы работы установки комплексной подготовки газового конденсата, которые позволяют увеличить выход товарного газа на 15 т в сутки по сравнению с базовым вариантом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тронов В.П. Сепарация газа и сокращение потерь нефти. — Казань: ФЭН, 2002. — 407 с.
2. Технология переработки природного газа и конденсата / Под ред. В.И. Мурина. — М.: ООО «Недра Бизнесцентр», 2002. — 517 с.
3. Иванов В.Г., Маслов А.С., Кравцов А.В., Ушева Н.В., Гавриков А.А. Повышение эффективности технологии промышленной подготовки газового конденсата // Газовая промышленность. — 2003. — № 7. — С. 54–57.
4. Кравцов А.В., Ушева Н.В., Мойзес О.Е., Кузьменко Е.А. Математическое моделирование процессов отделения воды и метанола при промышленной подготовке газового конденсата // Известия Томского политехнического университета. — 2007. — Т. 311. — № 3. — С. 60–63.

Поступила 22.09.2009 г.

УДК 541.65/.654

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СТРУКТУРЫ НА СВОЙСТВА НЕКОТОРЫХ МЕРОЦИАНИНОВЫХ КРАСИТЕЛЕЙ

Э.Р. Кашапова, О.К. Базыль, В.А. Светличный

Томский государственный университет
E-mail: ekashapova1@rambler.ru

Методом частичного пренебрежения дифференциальным перекрыванием проведено теоретическое исследование влияния длины полиметиновой цепочки и типа электродонорного и электроакцепторного фрагмента на спектрально-люминесцентные свойства и фотофизические процессы, протекающие в мероцианиновых красителях. Получено хорошее соответствие теоретически рассчитанных спектров с экспериментальными данными в неполярном растворителе. Рассмотрены возможные причины низкого квантового выхода флуоресценции, наблюдаемого в эксперименте. Показано, что вращение вокруг С-С связи полиметиновой цепочки приводит к уменьшению константы скорости радиационного распада и росту констант скоростей безызлучательных процессов. Установлена связь между величиной переносимого заряда и степенью электродонорности концевой фрагмента.

Ключевые слова:

Мероцианиновые красители, транс-цис-фотоизомеризация, электронное строение, спектрально-люминесцентные свойства.

Key words:

Merocyanine dyes, trans-cis photo-isomerization, electronic structure, spectral-luminescent properties.

Мероцианиновые красители, благодаря своим уникальным оптическим характеристикам, связанным с интенсивным внутримолекулярным переносом заряда при возбуждении, находят широкое применение, как оптически активные материалы от электролюминесцентных устройств и солнечных концентраторов, до флуоресцентных сенсоров, перестраиваемых лазеров и нелинейных оптических сред [1–6]. Целенаправленный поиск соединений для таких преобразователей требует понимания взаимосвязи между свойствами и структурой красителей. Мероцианины имеют довольно сложную и нежесткую благодаря полиметиновой цепи (ПЦ) структуру, затрудняющую изучение выше названной проблемы.

До недавнего времени исследования мероцианинов носили достаточно разрозненный характер. В последние годы в Институте органической химии НАН Украины были целенаправленно синтезированы и экспериментально исследованы спектрально-люминесцентные характеристики целого ряда новых мероцианинов [6]. Однако для полного описания фото процессов, протекающих в мероцианинах, установления закономерностей и возможности прогнозировать спектрально-люминесцент-

ные свойства молекул при изменении их строения необходимо привлечение теоретических квантово-химических расчетов.

В настоящей работе методом частичного пренебрежения дифференциальным перекрыванием (ЧПДП) исследованы электронные спектры, рассчитаны константы скоростей внутримолекулярных фото процессов, распределение электронной плотности 6 мероцианиновых красителей на основе малонитрила [1, 7].

Структурные формулы красителей приведены на рис. 1. Данные красители принадлежат к одному структурному типу, поэтому они являются удобными объектами для исследования влияния изменений электронного строения гетероостатков и длины ПЦ на спектрально-люминесцентные свойства мероцианинов. В роли *донорного* фрагмента у мероцианинов М1–М3, выступает гетероостаток 3*H*-индолилдена, у М7–М9 — бензоимидазолилдена. Функцию *акцептора* во всех исследованных молекулах выполняет остаток малонитрила [7, 8]. Красители для экспериментального исследования спектрально-люминесцентных характеристик были предоставлены А.А. Ищенко (Институт органической химии НАН Украины). Эксперименталь-