

**ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ТЯЖЁЛЫХ
УГЛЕВОДОРОДОВ ИЗ ПОПУТНОГО НЕФТЯНОГО ГАЗА МЕТОДОМ
НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ СЕПАРАЦИИ**

*Ильичев В.Ю., кандидат технических наук,
Юрик Е.А., кандидат технических наук,
Калужский филиал Московского государственного технического университета
им. Н.Э. Баумана (Национальный исследовательский университет*

***Аннотация:** статья посвящена описанию исследований, ставящих своей целью изучение технологического процесса разделения попутного нефтяного газа на фракции методом низкотемпературной сепарации. В работе использовано программное обеспечение Aspen Hysys, позволяющее моделировать технологические схемы, содержащие различные виды оборудования, решать задачи выбранными численными математическими методами и таким образом исследовать протекание практически любых физико-химических процессов. Рассмотрение данной проблемы является актуальной задачей, так как ставит своими целями экономию и повышение качества ценного углеводородного сырья. В то же время влияние различных факторов на процесс отделения тяжёлых углеводородов пока изучено недостаточно и не существует отработанной и простой методики отслеживания состояния и состава нефтегазовых продуктов на различных стадиях переработки. Для демонстрации разработанной методики задан состав исходной смеси и создана упрощённая компьютерная модель технологического процесса извлечения тяжёлых углеводородов. Исследовано влияние одного из главных действующих в данном процессе факторов, температуры, на выход метана и фракции тяжёлых углеводородов. По результатам работы предложены рекомендации для совершенствования данного технологического процесса. Методику и результаты проведённых исследований можно использовать для дальнейшего изучения процессов переработки попутного нефтяного газа, в том числе с использованием более сложных технологических схем. Также данная методика может пригодиться для исследования процессов переработки любого углеводородного сырья (например, нефти разных месторождений), а также другой товарно-сырьевой химической продукции.*

***Ключевые слова:** углеводороды, попутный нефтяной газ, низкотемпературная сепарация, газовый конденсат, переработка нефти, углеводородное сырьё*

**INVESTIGATION OF TECHNOLOGY FOR EXTRACTION OF HEAVY HYDROCARBONS
FROM ASSOCIATED PETROLEUM GAS BY LOW-TEMPERATURE SEPARATION**

*Ilichev V.Y., Candidate of Engineering Sciences (Ph.D.),
Yurik E.A., Candidate of Engineering Sciences (Ph.D.),
Kaluga Branch of Bauman Moscow State Technical University*

Abstract: *the article is devoted to the description of studies aimed at studying the process of separation of associated petroleum gas into fractions by the method of low-temperature separation. The work uses Aspen Hysys software, which allows to model technological schemes containing various types of equipment, solve problems by selected numerical mathematical methods and thus to study the progress of practically any physical and chemical processes. Consideration of this problem is a pressing task, as it aims to save and improve the quality of valuable hydrocarbon materials. At the same time, the influence of various factors on the process of separation of heavy hydrocarbons has not been studied yet and there is no developed and simple method of monitoring the state and composition of oil and gas products at different stages of processing. To demonstrate the developed method, the composition of the initial mixture is specified and a simplified computer model of the process of extracting heavy hydrocarbons is created. The influence of one of the main factors acting in this process, temperature, on methane yield and heavy hydrocarbon fractions was investigated. Based on the results of the work, recommendations for improvement of this technological process are proposed. The methodology and results of the carried out studies can be used for further study of processes of associated petroleum gas processing, including using more complex technological schemes. This technique can also be useful for research of processes of processing of any hydrocarbon raw materials (for example, oil of different deposits), as well as other commercial chemical products.*

Keywords: *hydrocarbons, associated petroleum gas, low-temperature separation, gas condensate, oil processing, hydrocarbon raw materials*

Введение

Попутным нефтяным газом называют смесь углеводородов и неуглеводородных компонентов в газообразном состоянии, растворённых в нефти, либо находящихся над нефтеносным слоем, которую можно использовать в качестве топлива, либо сырья для нефтехимического производства [1].

При обработке нефтяного газа ставится задача разделения тяжёлых углеводородов, которые обычно добавляются в добываемую нефть и лёгких углеводородов (основным из которых как правило является метан), используемых наряду с природным газом в качестве топлива [2].

Одним из распространённых способов разделения попутного газа является метод низкотемпературной сепарации при повышенном давлении газа.

Целью данной работы является исследование влияния температуры газа, направляемого в сепаратор,

на эффективность разделения углеводородной смеси.

Методы

Для исследования технологического процесса обработки попутного газа была использована компьютерная программа Aspen Hysys, позволяющая намного упростить и ускорить процесс расчёта. Решение задач в данной программе осуществляется путём решения системы нелинейных уравнений численными методами. Она позволяет рассчитывать все термодинамические свойства заданного рабочего тела, расходы, составы веществ в разном агрегатном состоянии. При этом программа позволяет пользователю выбирать наиболее подходящие математические модели расчета свойств веществ, химических и термодинамических процессов. Для каждого элемента схемы автоматически подбирается самый эффективный алгоритм описания и решения [3].

При разработке модели установки подготовки газа в системе Aspen Hysys необходимо задаться составом сырья и технологическими параметрами работы аппаратов [4].

Состав и свойства попутного нефтяного газа для демонстрации методики взяты из работы [2] и приведены на рис. 1.

Показатели	Газ, полученный при сепарации нефти на			Суммарный газ
	ступени I	ступени II	концевой сепарационной установке	
Давление, МПа	0,7	0,35	0,105	
Мольное содержание компонентов, %:				
N ₂	0,87	1,16	0,46	0,87
CO ₂	0,44	0,13	0,01	0,43
C ₁	77,09	50,04	7,57	75,54
C ₂	8,97	14,07	9,20	9,00
C ₃	6,38	14,44	23,52	6,77
i-C ₄	1,79	4,90	12,66	2,03
n-C ₄	1,80	5,25	15,24	2,09
i-C ₅	1,47	4,97	17,47	1,81
n-C ₅	0,98	3,56	12,84	1,24
C ₆₊	0,20	1,48	1,03	0,22
Расход (относительный), м ³ /ч	975	4	21	1000
Плотность, кг/м ³	1,00	1,41	2,38	1,03
Содержание C ₃₊ , г/м ³	298,35	826,23	2177,12	339,31
Содержание C ₅₊ , г/м ³	79,69	278,97	990,70	99,30

Рис. 1. Состав и свойства попутного нефтяного газа

Указанный список компонентов вводился при постановке задачи в расчётную модель программы Aspen Hysys (рис. 2).

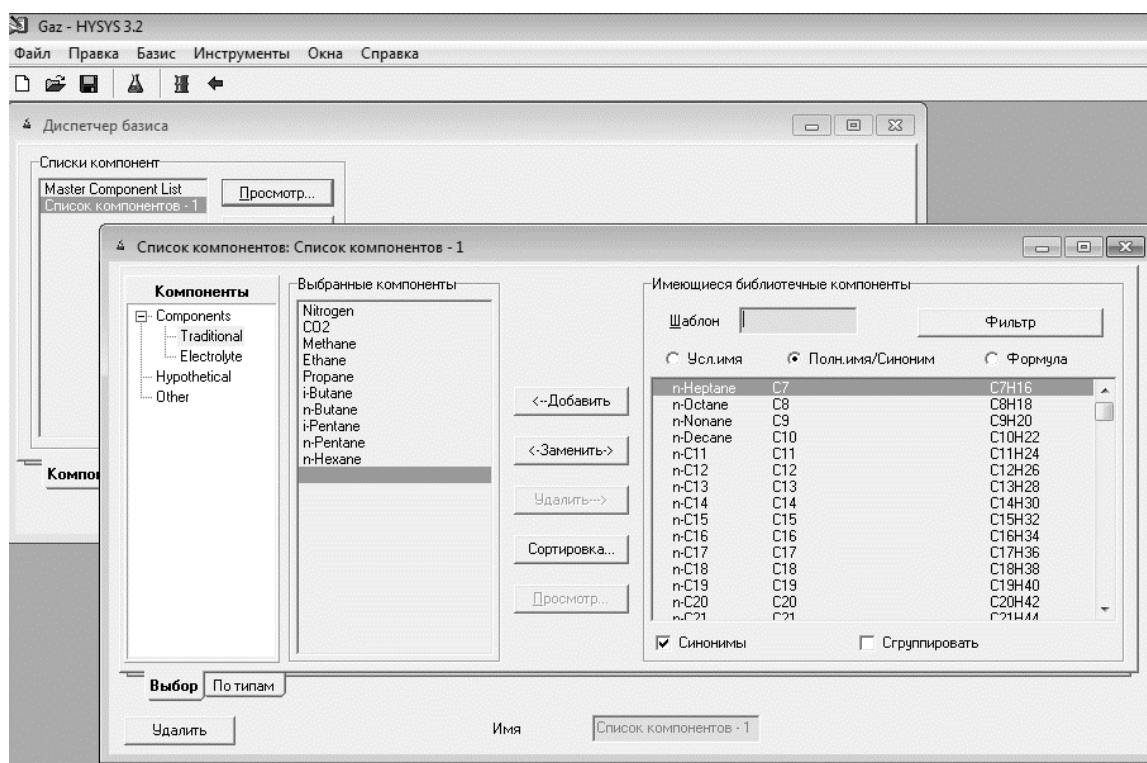


Рис. 2. Ввод списка компонентов в программу Aspen Hysys

Схема технологического процесса переработки попутного газа, составленная в программе Aspen Hysys, приведена на рис. 3.

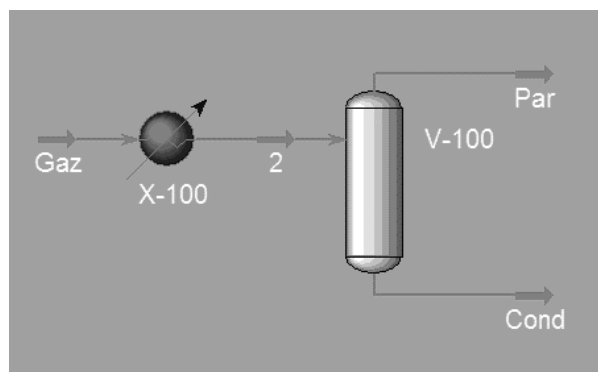


Рис. 3. Схема технологического процесса переработки газа

Попутный газ заданного состава (поток Газ) поступает на перерабатывающую станцию после сжатия компрессором до давления 0,7 МПа. Далее газ охлаждается в холодильнике (X-100) до температуры, необходимой для его разделения в сепараторе (V-100) на две фазы – газовую (Par) и жидкую – конденсат (Cond). В данной работе исследовался процесс в сепараторе в диапазоне температур от +2°C до -30°C, так как при более высокой темпе-

ратуре и заданном давлении не происходит процесса конденсации и отделения тяжёлых углеводородов. Более низкие температуры не применяются из экономических соображений [2].

Для расчёта процессов, происходящих в низкотемпературном сепараторе, применялся метод Пенга-Робинсона [5], учитывающий появление в сепараторе фазовых переходов. После построения схемы и задания граничных условий программа

мгновенно выдаёт интересующие исследователя характеристики на выходе технологического процесса переработки попутного газа: расход тяжёлых углеводородов, являющихся составляющими конденсата (сепарата) и процентное содержание наиболее лёгкой фракции (метана) в составе полученного газа.

Результаты

Результаты расчёта фракционного состава на выходе из сепаратора представлены в табл. 1 и для наглядности приведены в графическом виде на рис. 4 и 5.

Таблица 1

Результаты расчёта технологического процесса

Температура перед сепаратором, °С	Расход конденсата, м ³ /ч	Содержание метана, %
2	3,41	75,68
0	10,4	75,97
-5	28,9	76,77
-10	47,9	77,63
-15	66,8	78,51
-20	85,3	79,42
-25	103,6	80,35
-30	121,7	81,30

Расход конденсата, м³/ч

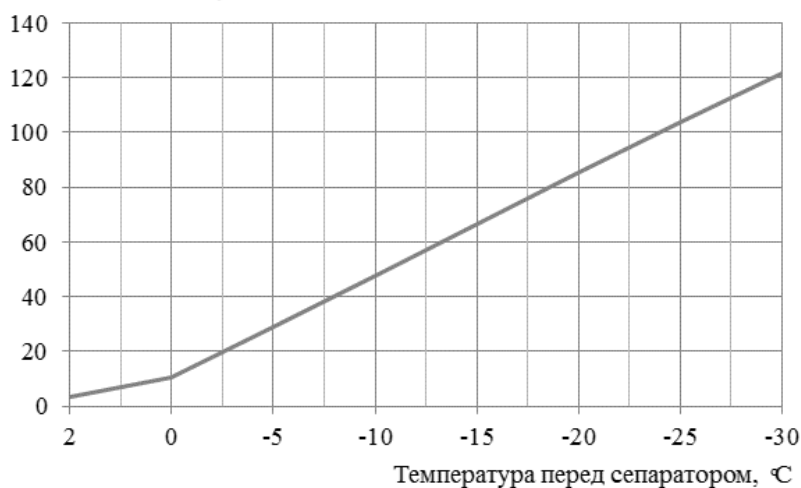


Рис. 4. Выход конденсата из сепаратора

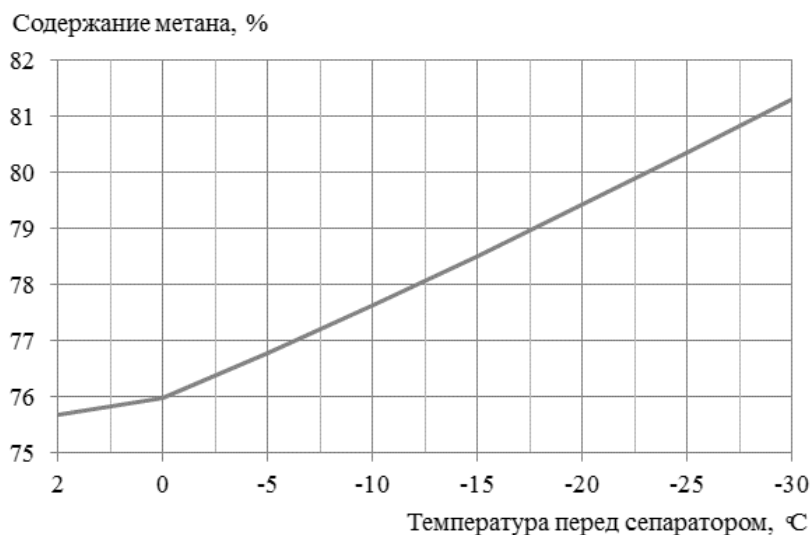


Рис. 5. Процентное содержание метана после сепарации

Обсуждение

Результаты проведённых исследований процесса низкотемпературной сепарации попутного нефтяного газа показали, что снижение температуры сепарации позволяет достичь двух целей:

1. Увеличение количества выхода конденсата, содержащего тяжёлые углеводородные составляющие, который можно подмешивать к добываемой нефти, тем самым увеличивая её выход;

2. Повышение качества товарного газа за счёт того, что из него удалена значительная часть тяжёлых углеводородов. При этом по своим свойствам попутный нефтяной газ начинает приближаться к наиболее качественному природному газу.

Выводы

При разработке процессов подготовки нефти с целью повышения эффективности использования месторождения, увеличения выхода и снижения потерь, необходимо предусматривать извлечение тяжёлых углеводородов из попутного нефтяного газа и возврат их в товарную нефть [6].

В данной работе была отработана методика моделирования технологического процесса низкотемпературной сепарации попутного газа с помощью программы Aspen Hysys и получены резуль-

таты, подтверждающие положительный эффект снижения температуры сепарации.

С целью демонстрации данной методики в работе рассмотрен упрощённый технологический процесс сепарации, однако описанный метод можно использовать при расчёте схем практически любой степени сложности и при рассмотрении многопоточных технологических процессов переработки как газа, так и других химических продуктов. Множество примеров организации таких схем в системе Aspen Hysys рассмотрены в работах [7, 8].

В качестве дальнейшего совершенствования процесса низкотемпературной сепарации попутного нефтяного газа можно предложить, например, введение в схему предварительной абсорбции конденсатообразующих компонентов перед сепаратором [9].

Литература

1. Васильева Ю.П., Клестова А.В. Проблемы и перспективы использования нефтяного попутного газа в России // Электронный научный журнал Нефтегазовое дело. 2016. №2. С. 265 – 278.
2. Иванов С.С., Гальчанский П.В. Извлечение тяжёлых углеводородов из низконапорного нефтяного газа при промысловой подготовке нефти // PRONEFTЬ. Профессионально о нефти. 2018. №2 (8). С. 59 – 64.
3. Тажиева Р.Н. Расчёт технологической схемы переработки газа в программе Hysys // В сборнике: Научные достижения и открытия современной молодёжи: Сборник статей VIII Международной научно-практической конференции. Пенза, 2019. С. 32 – 35.
4. Ким С.Ф. Расчёт материального баланса установки подготовки нефти с применением моделирующей системы Hysys // В сборнике: Проблемы геологии и освоения недр: Труды XVII Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 150-летию со дня рождения академика В.А. Обручева и 130-летию академика М.А. Усова, основателей Сибирской горно-геологической школы. Национальный исследовательский Томский политехнический университет. 2013. С. 128 – 130.
5. Брусиловский А.И., Ющенко Т.С. Научно-методический подход к идентификации компонентного состава и pvt-свойств пластовых углеводородных флюидов двухфазных залежей при ограниченной исходной информации // Газовая промышленность. 2015. №11 (730). С. 73 – 77.
6. Иванов С.С., Тарасов М.Ю., Зобнин А.А. Увеличение выхода нефти и снижение содержания легких жидких углеводородов в попутном нефтяном газе при проектировании установок подготовки нефти // Нефтяное хозяйство. 2011. №8. С. 138 – 140.
7. Кузнецов О.А. Моделирование схемы переработки природного газа в Aspen Hysys V8. М.-Берлин: Директ-Медиа, 2015. 116 с.
8. Учебник по работе с программой Hysys версия 2006. Москва: Изд-во ЗАО «Технефтехим», 2006. 132 с.
9. Шестерикова Р.Е., Шестерикова Е.А. Повышение эффективности работы установок низкотемпературной сепарации // Оборудование и технологии для нефтегазового комплекса. 2014. №5. С. 43 – 47.

References

1. Vasil'eva YU.P., Klestova A.V. Problemy i perspektivy ispol'zovaniya neftyanogo poputnogo gaza v Rossii // Elektronnyj nauchnyj zhurnal Neftegazovoe delo. 2016. №2. S. 265 – 278.
2. Ivanov S.S., Gal'chanskij P.V. Izvlechenie tyazhyolyh uglevodorodov iz nizkonapornogo neftyanogo gaza pri promyslovoj podgotovke nefiti // PRONEFT'. Professional'no o nefiti. 2018. №2 (8). S. 59 – 64.
3. Tazhieva R.N. Raschyot tekhnologicheskoy skhemy pererabotki gaza v programme Hysys // V sbornike: Nauchnye dostizheniya i otkrytiya sovremennoj molodyozhi: Sbornik statej VIII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. Penza, 2019. S. 32 – 35.

4. Kim S.F. Raschyot material'nogo balansa ustanovki podgotovki nefi s primeneniem modeliruyushchej sistemy Hysys // V sbornike: Problemy geologii i osvoeniya nedr: Trudy XVII Mezhdunarodnogo simpoziuma imeni akademika M.A. Usova studentov i molodyh uchenyh, posvyashchennogo 150-letiyu so dnya rozhdeniya akademika V.A. Obrucheva i 130-letiyu akademika M.A. Usova, osnovatelej Sibirskoj gorno-geologicheskoy shkoly. Nacional'nyj issledovatel'skij Tomskij politekhnicheskij universitet. 2013. S. 128 – 130.
5. Brusilovskij A.I., YUshchenko T.S. Nauchno-metodicheskij podhod k identifikacii komponentnogo sostava i pvt-svoystv plastovyh uglevodorodnyh flyuidov dvuhfaznyh zalezhej pri ogranichennoj iskhodnoj informacii // Gazovaya promyshlennost'. 2015. №11 (730). S. 73 – 77.
6. Ivanov S.S., Tarasov M.YU., Zobnin A.A. Uvelichenie vyhoda nefi i snizhenie sodержaniya legkih zhidkih uglevodorodov v poputnom neftyanom gaze pri proektirovanii ustanovok podgotovki nefi // Neftyanoe hozyajstvo. 2011. №8. S. 138 – 140.
7. Kuznecov O.A. Modelirovanie skhemy pererabotki prirodnoho gaza v Aspen Hysys V8. M.-Berlin: Direkt-Media, 2015. 116 s.
8. Uchebnik po rabote s programmoj Hysys versiya 2006. Moskva: Izd-vo ZAO «Tehneftekhim», 2006. 132 s.
9. SHesterikova R.E., SHesterikova E.A. Povyshenie effektivnosti raboty ustanovok nizkotemperaturnoj separacii // Oborudovanie i tekhnologii dlya neftegazovogo kompleksa. 2014. №5. S. 43 – 47.