

Рациональное использование компонентов широкой фракции легких углеводородов на объектах нефтедобычи

И.Ю. Хасанов

д.т.н.¹

npc-sherik@mail.ru

В.И. Рогозин

к.т.н.¹

Шефер А.Г.

начальник управления производственно-технологического сопровождения²

А.Н. Яковлев

главный инженер³

¹ООО НПЦ «Шэрык», Салават, Россия

²ЛУКОЙЛ Оверсиз Холдинг Лтд, Москва, Россия

³ТОО «Каракудукмунай, Актау, Казахстан

В настоящей статье рассмотрен вариант решения одной из наиболее острых и актуальных проблем нефтегазового сектора — рациональной утилизации ШФЛУ, «узкого» места в производственной цепочке использования дополнительных объемов ПНГ на малых, удаленных и вновь разрабатываемых месторождениях, доля которых неуклонно растет. Предложена новая безотходная технология переработки ШФЛУ на базе МГБУ, блок сепарации которой интегрирован в технологические объекты одной из промысловых УКПГ.

Материалы и методы

Компьютерное исследование массообменных процессов контактного разгазирования и фракционирования многокомпонентных смесей с учетом составов сырья, фактических загрузок и технологических параметров подготовки нефти и низконапорных газов.

Ключевые слова

широкая фракция легких углеводородов, товарная нефть, давление насыщенных паров, сепаратор, составы пара и жидкости, малогабаритная блочная установка, комплексная подготовка газа

Одной из актуальных проблем нефтегазового сектора остается рациональная утилизация непосредственно на месторождениях и использование ШФЛУ — насыщенной газом углеводородной жидкости, компонентный состав которой представлен гексан-бутановой фракцией.

На сегодня основным направлением переработки ШФЛУ является ее фракционирование, когда путем четкой ректификации получают сухой газ, сжиженные газы С₃, С₄, пропан-бутановые фракции, стабильный газовый бензин. Все они, включая и саму ШФЛУ, находят спрос как на внутреннем, так и на внешнем рынках. Однако, применительно малых, удаленных от потребителей получаемой продукции месторождений, из-за отсутствия спроса на них в промышленных условиях, необходимости значительных капитальных вложений на оборудование и обустройство и существенных эксплуатационных затрат на осуществление технологического процесса и на вывоз продукции, такое решение зачастую становится нерентабельным.

В то же время большинство нефтяных компаний (НК), приступив к реализации Целевой газовой программы, констатируют остроту проблемы утилизации жидких фракций нефтяного газа — «узкого» места в производственной цепочке использования дополнительных объемов ПНГ на малых, удаленных и вновь разрабатываемых месторождениях, доля которых неуклонно растет. Во-первых, компании не считают рациональным самостоятельно реализовывать крупные инвестиционные проекты на переработку ШФЛУ непосредственно на промыслах. Во-вторых, доступ нефтедобывающих предприятий к системам газопереработки ОАО «Сибур Холдинг», объединяющего почти все предприятия, перерабатывающие подобное сырье, особенно в Западной Сибири, ограничен.

В сложившихся условиях нами разработана технология и создан сепаратор для горячей сепарации ШФЛУ с возвратом ее тяжелых углеводородов (конденсата) в товарную нефть с повышением ее бензинового потенциала непосредственно на промысле. Такая постановка задачи не требует четкого разделения исходного сырья — углеводородов (УВ) на газовые и жидкие компоненты. Единственным критерием эффективности процесса разгазирования ШФЛУ является давление насыщенных паров смеси конденсата с товарной нефтью, поставляемой потребителю, значение которого должно соответствовать требованиям ГОСТ Р 51858-2002 (не превышать 0,067 МПа при температуре 37,8°C).

На рис. 1 приведен материальный баланс процессов сепарации ШФЛУ и смешения полученной ее жидкой фазы с товарной

нефтью для одного из возможных режимов работы разработанной установки, интегрированной в схему УКПГ месторождения «Каракудук».

При этом, теоретическую оценку фазового состояния газоконденсатных систем в процессах разгазирования и моделирование поведения многокомпонентных смесей (МКС) в равновесных условиях выполняли с помощью уравнений термодинамического фазового состояния, материального баланса процесса и коэффициентов распределения УВ компонентов.

Уравнение материального баланса (уравнение Речворда) записывается, как известно, в виде

$$\sum x_i = \sum \frac{z_i}{1 + e \cdot (k_i - 1)} = 1,0, \quad (1)$$

где x_i , z_i — мольные доли i -го компонента в неиспаренной жидкости и в исходной смеси; e — мольная доля отгона (степень испарения); k_i — константа фазового равновесия (коэффициент распределения i -го компонента).

Решение (1) имеет смысл, когда система находится в двухфазном состоянии, когда выполняются следующие неравенства: $\sum z_i \cdot k_i > 1$ и $\sum z_i / k_i > 1$. Заметим, что соотношение $\sum z_i \cdot k_i = 1$ соответствует началу разгазирования (кипения) раствора, $e = 0$; а соотношение $\sum z_i / k_i = 1$ — условию начала конденсации насыщенных паров, конца однократного испарения (ОИ), $e = 1$.

Долю ОИ и состав жидкой фазы определяют, как правило, методом последовательных приближений по уравнению (1).

Состав равновесного пара связан с составом жидкости уравнением фазового равновесия

$$y_i = k_i \cdot x_i = \frac{P_i}{P_o} \cdot x_i, \quad (2)$$

где y_i — мольная доля i -го компонента в парах; x_i — то же в жидкости; P_i — давление i -го индивидуального компонента; P_o — давление в системе.

Давление насыщения растворов УВ (ДНП), условие появления газовой фазы, рассчитывали при заданных температуре и составе жидкой фазы как

$$P_o = p_1 + p_2 + \dots + p_n = P_1 x_1 + P_2 x_2 + P_n x_n, \quad (3)$$

где p_1, p_2, \dots, p_n — парциальные давления 1-го, 2-го... n -го компонентов.

При этом нефть рассматривали как смесь узких фракций (точечных компонентов), давление которых описывается известными уравнениями (Ашворта, Антуана и др.).

Все термодинамические расчеты процессов дегазации, дросселирования и фракционирования МКС проводили на адаптированных к реальным объектам моделях в

программно-вычислительном комплексе. Расчеты показали, что предложенная технология по возврату в полезный оборот побочного продукта нефтедобычи позволяет существенно увеличить выход товарной нефти и улучшить ее качество за счет увеличения ее бензинового потенциала [1]. Например, в показанном на рис. 1 варианте в добытую нефть возвращается до 25,5 т/сут. конденсата.

Осуществлена практическая реализация разработанного технологического процесса. Создана малогабаритная установка

частичной дегазации ШФЛУ, которая вошла в состав промысловой УКПГ непосредственно на месторождении [1, 2]. В настоящее время установка успешно работает.

Для сопоставительного анализа и оценки возможности дальнейшего совершенствования технологического процесса и оборудования в таблице приведены составы технологических потоков по двум возможным вариантам разделения ШФЛУ.

Из приведенного УВ состава ШФЛУ следует, что теоретическое содержание в ней бензиновых углеводородов составляет

25%, а оставшиеся 75% приходится на «жирный» газ. На действующей установке (рис. 1) получается 74,7% масс. жирного газа, в составе которого за счет нечеткости разделения МКС еще содержится более 16,8% наиболее ценных и нерационально используемых компонентов нефти C_{5+} (столбец 4). Рациональная утилизация большого количества такого газа, несмотря на его частичное использование на внутренние нужды нефтепромысла, вызывает определенные трудности.

Нами предлагается улучшенный вариант безотходной технологии переработки ШФЛУ непосредственно на месторождении с получением товарной продукции — сжиженного газа по ГОСТ Р 52087 «Газы углеводородные сжиженные топливные» и полуфабриката нефтяного конденсата для смешения с товарной нефтью. Для этих целей предлагается малогабаритная блочная установка МГБУ, которая также оптимально «вписывается» в существующий технологический процесс УКПГ. Использование ноу-хау позволяет значительно уменьшить габариты установки, снизить расходы тепла и хладоносителя при получении продуктов разделения. Составы технологических потоков для одного из возможных режимов работы МГБУ показаны в таблице 1 (столбец 5–8).

Дополнение установки блоком фракционирования газов сепарации ШФЛУ, сохраняя давления сепарации, позволяет получать товарную пропан-бутановую смесь и существенно увеличить глубину извлечения жидких УВ C_{5+} . На рис. 2 приведен предлагаемый материальный баланс и характеристика технологических потоков сепарации и фракционирования компонентов ШФЛУ. Применительно к приведенным расходам товарной нефти и ШФЛУ (160000 кг/ч и 4200 кг/ч, соответственно) достигается увеличение выхода нефти на 284,3 кг/ч за счет дополнительной добавки конденсата повышенной кондиции. Содержание конденсата в товарной нефти при этом составит 0,83% масс. вместо 0,66% на действующей установке. ДНП нефтегазоконденсатной смеси составит 32,46 « 66,7 кПа, что свидетельствует о ее стабильности и, следовательно, не приведет к потерям легких УВ при ее транспорте, хранении и использовании.

Реализация полученных СУГ, соответствующих требованиям ГОСТ Р 52087 «Газы углеводородные сжиженные топливные», может также дать ощутимую выгоду. По данным экспертов цена жидких УВ на внутреннем рынке на март составила, руб. за тонну: ШФЛУ — 10 600; СУГ — 15 600; нефть — 23 000, соответственно.

Как видно, из приведенных ценовых показателей, выгода от реализации разработанного процесса очевидна.

Итоги

Предложена новая безотходная технология и аппаратное оформление переработки ШФЛУ на малых и удаленных месторождениях. Компаундирование товарной нефти жидкими фракциями ШФЛУ в магистральном трубопроводе позволяет увеличить выход товарной нефти и восстановить

Компонент	ШФЛУ, ДНП 798,40 кПа			Действующая установка, t=60,1°C				Блочная установка, проект			
				Блок сепарации		Блок фракционирования					
				t=67,1°C, P=0,90 МПа		tZ=67,1°C*, P ₂ =0,90 МПа;					
	X _{IL}	X _I	Y _I	X _I	Y _I	X _{IR}	Y _{ID}				
1	2	3	4	5	6	7	8				
C ₂	0,0251	0,0045	0,0318	0,0044	0,0300	0,0000	0,0355				
C ₃	0,3688	0,1640	0,4360	0,1574	0,4183	0,0013	0,4962				
и-C ₄	0,1084	0,0885	0,1149	0,0848	0,1137	0,0122	0,1331				
н-C ₄	0,2488	0,2483	0,2489	0,2408	0,2526	0,1007	0,2848				
и-C ₅	0,0823	0,1339	0,0654	0,1326	0,0700	0,2882	0,0300				
н-C ₅	0,1025	0,1875	0,0747	0,1875	0,0816	0,4185	0,0198				
н-C ₆₊	0,0641	0,1733	0,0283	0,1926	0,0338	0,1791	0,0005				
Σ	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000				

* Подстрочные индексы относятся: Z — к сырию, R — к остатку, D — дистилляту; tD=49,0°C, PD=0,87 МПа; tR=115,3°C, PR=0,90 МПа

Таб. 1 — Характеристика технологических потоков, масс. доли

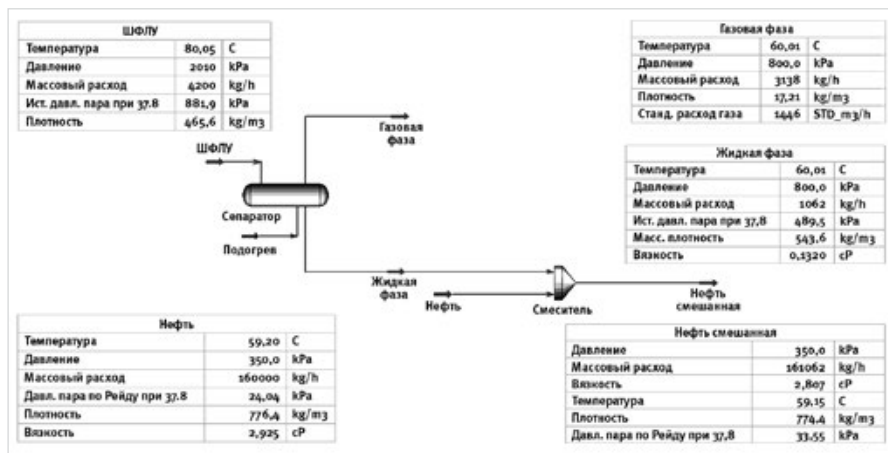


Рис. 1 — Характеристика потоков сепарации ШФЛУ и смешения ее жидких фракций с товарной нефтью

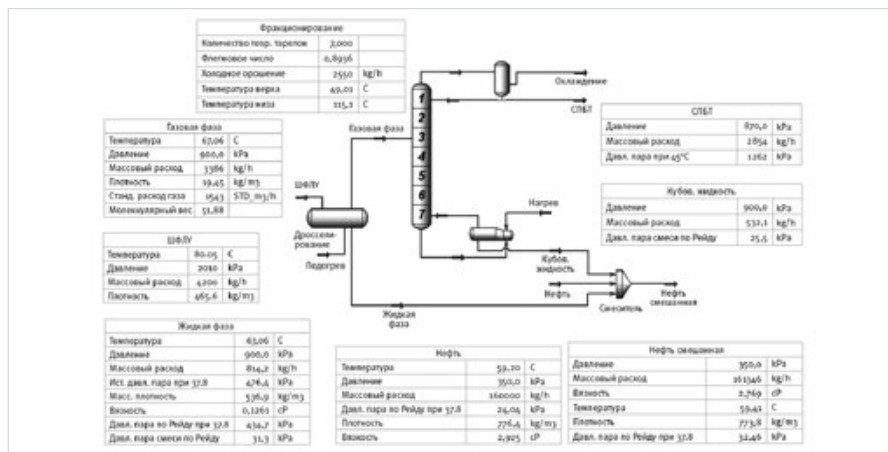


Рис. 2 — Материальный баланс МГБУ и общая характеристика технологических потоков

ее бензиновый потенциал при сохранении стабильности нефтегазоконденсатной смеси по ДНП. СУГ, получаемый из газов сепарации ШФЛУ, соответствует стандарту на «Газы углеводородные топливные».

Выводы

Разработанный способ переработки и утилизации ШФЛУ, полученной из низконапорных ПНГ на УПГ удаленных месторождений, может найти практическое применение

недропользователями при реализации Газовых программ и предпринимателями малого и среднего бизнеса.

Список используемой литературы

1. Гуржий С.Л., Лунева Н.Н., Рогозин В.И., Хасанов И.Ю. Анализ экономической эффективности внедрения новой технологии утилизации ШФЛУ в промышленных условиях

и аппаратного ее оформления // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. 2011. №4. С. 21–26.

2. Гуржий С.Л. Установка промышленной сепарации ШФЛУ на удаленных нефтяных месторождениях // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. 2011. №3. С.19–25.

ENGLISH

OIL PRODUCTION

Rational use of natural gas liquid components at oil production facilities

UDC 665.6

I.Yu. Khasanov — Dr.Tech.Sci.¹; npc-sherik@mail.ru

V.I. Rogozin — cand.Tech.Sci.¹

A.G. Schaefer — head of management of production engineering support²

A.N.Yakovlev — chief engineer³

¹NPTs Sheryk LLC, Salavat, Russian Federation

²Lukoil Overseas Holding Ltd, Moscow, Russian Federation

³Karakudukmunay LLP, Aktau, Kazakhstan

Abstract

In this article is considered an alternate solution of one of the most acute and actual oil-and-gas sector problems — rational utilization of NGL, a "bottle neck" in the production chain of use of additional APG on small, remote and newly developed fields which share is growing steadily. A new waste-free NGL processing technology based on a small-size package plant which separation unit is integrated into technological facilities of one of field complex gas treatment plants is offered.

Materials and methods

Computer-aided research of mass-exchange processes of contact degassing and

multicomponent mixtures fractionation within the HYSYS environment taking into account feed-stock composition, actual loads and technological parameters of oil and low pressure gases treatment.

Results

A new waste-free technology and hardware support of NGL processing on small and remote fields is offered. Compounding of commodity oil and NGL liquid fractions in main pipelines allows to increase commodity oil yield and to recover its petrol potential preserving oil-gas condensate mix' saturated vapor pressure stability. LHCG received from NGL separation gases conforms to the

"Liquefied Hydrocarbon Fuel Gases" standard.

Conclusions

The formulated processing and utilization method of NGL received from low pressure APG at complex gas treatment plants on remote fields can find practical application by subsoil users at implementation of Gas Programs as well as small and medium business entrepreneurs.

Keywords

natural gas liquids, commodity oil, saturated vapor pressure, separator, vapor and liquid compositions, small-size complex gas treatment plant

References

1. Gurzhy S.L., Luneva N.N., Rogozin V.I. Khasanov I.Yu. *Analiz ekonomicheskoy effektivnosti vnedreniya novoy tekhnologii utilizatsii ShFLU v promyslovyykh usloviyakh i apparatnogo ee oformleniya* [Cost effectiveness analysis of implementation of a new NGL utilization technology under field conditions and of its hardware support as well]. *Problemy sbora, podgotovki i transporta nefti i nefteproduktov*, 2011, issue 4 pp. 21–26.
2. Gurzhy S.L. *Ustanovka promyslovoy separatsii ShFLU na udalennykh neftnyakh mestorozhdeniyakh* [Installation of field separation of NGL on remote oil fields]. *Problemy sbora, podgotovki i transporta nefti nefteproduktov*, 2011, Issue 3, pp. 19–25.



Научно-производственный центр «Шэрык»

453266, Башкортостан, г. Салават-16, а/я 328

тел. (3476) 36-22-63, факс (3476) 36-19-74, E-mail: npc-sherik@mail.ru

Сфера деятельности — от научно обоснованной идеи до поставки оборудования и технологий в производство

Генеральный директор — доктор технических наук, заслуженный деятель науки РБ Хасанов Ильмер Юсупович

Направления деятельности. Научные исследования и разработка техники и технологий для нефтегазового комплекса, передача технологий и поставка техники нефтегазопромышленным компаниям применительно:

- охраны окружающей среды при сборе, подготовке и транспорте нефти и нефтепродуктов;
- строительства, реконструкции, эксплуатации и ремонта объектов нефтегазодобычи и трубопроводного транспорта;
- подготовки и хранения нефти и нефтепродуктов;

Деловые партнеры: ОАО «Газпром», ОАО «АК «Транснефть», ОАО «Салаватнефтемаш»; ЗАО «Белебеевский механический завод»; ЗАО «Уфагидромаш»; ОАО «МК «Витязь»; ТОО «Таза-Мунай «Актобе»; ТОО «Каракудукмунай» и др.

Потребители продукции: Российские и зарубежные нефтегазодобывающие и трубопроводные предприятия и организации.

на правах рекламы