

# Технология рациональной утилизации нефтяного газа конечных ступеней сепарации нефти

**И.Ю. Хасанов**

д.т.н., профессор<sup>1</sup>  
npc-sherik@mail.ru

**Б.С. Жирнов**

д.т.н. зав. кафедрой ХТП, профессор<sup>2</sup>  
jbc2@mail.ru

**У.Р. Ильясов**

к.ф.-м. н., заместитель директора по учебной работе, доцент<sup>3</sup>  
ilyasovu@gmail.com

**В.И. Рогозин**

к.т.н., доцент кафедры ХТП<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Стерлитамакский филиал (СФ) БашГУ, г. Стерлитамак, РФ

<sup>2</sup>Филиал ФГБОУ ВПО «УГНТУ», г. Салават, РФ

<sup>3</sup>Ишимбайский филиал (ИФ) УГАТУ, г. Ишимбай, РФ

<sup>4</sup>Филиал ГОУ ВПО «УГНТУ», г. Салават, РФ

**Предложена новая технология и оборудование для утилизации газов конечных ступеней сепарации нефти с получением товарной продукции – широкой фракции легких углеводородов – непосредственно на промыслах. В основе технологии лежат процессы компримирования низконапорного газа и «горячая» дегазация конденсата в разработанном авторами многофункциональном сепараторе. Метод может использоваться для утилизации «жирных» газов и в газовой отрасли в поздней стадии добычи газа на конкретных месторождениях.**

## Материалы и методы

Компьютерное исследование массообменных процессов контактного разгазирования и фракционирования низконапорных газов сепарации нефти в современном программно-вычислительном комплексе с учетом составов сырья, фактических загрузок и технологических параметров подготовки нефти и низконапорных газов.

## Ключевые слова

низконапорный газ, сепарация, конденсация, нестабильный газовый конденсат, широкая фракция легких углеводородов

Одним из значительных резервов повышения эффективности топливно-энергетического комплекса России является рациональное использование ресурсов нефтяного газа (НГ). По типичной для России технологии выделение НГ из добываемой сырой нефти осуществляется в 3-х последующих ступенях сепарации. После подготовки газы I-й ступени соответствуют требованиям сдачи в магистральный газопровод (МГ), перекачивающий природный газ. Газы II-й и III-й ступени, так называемые низконапорные газы (ННГ), обогащенные тяжелыми углеводородами, за редким исключением, не используются, сжигаются [1–4]. Они не пригодны для подачи в МГ, т. к. в трубопроводе газ охлаждается и происходит конденсация жидких его фракций, в результате чего образуются жидкие пробки. В подавляющем большинстве случаев такие конденсаты, или компрессаты, из-за своей засоренности, обводненности и нестабильности не имеют какого-либо применения, собираются в дренаж и оттуда также направляются на факел [2]. При этом НК, кроме загрязнения окружающей среды продуктами сгорания НГ, безвозвратно теряют ценное нефтехимическое сырье. Чистые потери бензиновых фракций нефти от сжигания ННГ к состоянию на 2010 г. составили 1,45% от добываемой нефти в России [1]. Кроме этого у НК сохраняется проблема «вписаться» в разрешенный Правительством России к сжиганию НГ 5%-ый барьер.

Причины масштабного сжигания НГ конечных ступеней сепарации нефти хорошо известны [3, 4]:

- отсутствие на многих месторождениях производственной и технологической инфраструктуры;
- удаленность потенциальных рынков от мест нефтедобычи;
- ориентация сложившихся систем сбора и утилизации НГ на централизованные схемы поставки.

Последнее делает систему неманевренной, затратной. Именно дороговизна проектов утилизации НГ до сих пор является тормозом развития отрасли. В этих условиях решение проблемы рациональной утилизации НГ нам видится в сочетании совершенствования традиционных технологий с размещением мобильных малогабаритных установок утилизации НГ прямо на месторождениях.

Продемонстрируем практическую реализуемость предложения на примере ОАО «Газпромнефть-Ноябрьскнефтегаз», которое разрабатывает более двух десятков месторождений с различными по качеству нефтями. С целью ускоренного освоения этих месторождений в свое время принята упрощенная схема подготовки продукции скважин с частичной сепарацией газов в стадии отстаивания в технологических резервуарах. Окончательная подготовка и сдача нефти

потребителям осуществляется на концевой сепарационной установке (КСУ) [5]. Смесь нефтей Вынгаохинского, Новогоднего и Вынгапуровского месторождений поступает после подогрева до 32°C на КСУ Вынгапуровского месторождения. Оттуда после «горячей» сепарации при давлении, близком к атмосферному, она автомобильным транспортом поставляется потребителю.

Газы сепарации с КСУ направляются на компрессор, где сжимаются до 5,2 бар (изб.) и охлаждаются на аппаратах воздушного охлаждения (АВО) до 14,8°C. Конденсат совместно с компрессатом (далее конденсат), откачивается в емкости. Такой газонасыщенный конденсат обогащен легколетучими компонентами C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, обладает повышенным давлением насыщенных паров. Хранение и перевозка нестабильных жидкостей автомобильным, железнодорожным и водным транспортом, как известно, сопровождаются большими потерями от испарения и возможны лишь при давлениях выше давления насыщения. Обращение с ними требует соблюдения особых требований к пожаро- и взрывобезопасности. Газы сепарации конденсата после компрессора, пройдя конденсатоотделитель и впрыск ингибитора гидратообразования, поступают на компрессорную станцию (КС) для подготовки к магистральному транспорту. В результате из ННГ КСУ сегодня получают два некондиционных продукта — «жирный» газ сепарации и нестабильный газонасыщенный конденсат.

Нами предлагается новая технология и оборудование для получения из ННГ сепарации нефти на КСУ кондиционного продукта — деэтанализированного конденсата — ШФЛУ по ТУ 38.101524 марки А. Разработанные технология и оборудование легко интегрируются в технологические объекты действующей КСУ.

Для решения поставленной задачи использовали метод адаптивного моделирования в среде современного программно-вычислительного комплекса. Расчетная схема технологического процесса показана на рис. 1.

Практические данные по составу, количеству и термобарическим параметрам исходного газа КСУ приведены в таб. 1, откуда следует, что газ КСУ содержит % масс.: компоненты сухого газа — 15,31; пропан-бутановую фракцию — 73,52; бензиновую фракцию (C<sub>2+</sub>) — 11,17. Газоконденсатное число 239 г/м<sup>3</sup>.

Расчеты параметров газа и жидкости при парциальной конденсации исходного газа КСУ на ВГК после фазового разделителя при постоянном давлении 0,62 МПа в широком интервале температур показали, что при однократной сепарации полученных конденсатов при разных температурах их составы не соответствуют качеству ШФЛУ марки А только по содержанию легколетучих компонентов —  $\Sigma(C_1+C_2) > 3\%$  масс. В частности, для

нормального режима эксплуатации состав конденсата приведен в таб. 2.

На действующей установке (базовый режим) содержание  $\Sigma(C_1+C_2)$  составляет 3,5%. Выход такого конденсата, не имеющего рационального использования, составляет 3609 кг/ч, при этом расход газа — 4524 кг/ч. Он увеличивается с повышением температуры, снижая тем самым выход наиболее ценного конденсата. Заметим, что при эксплуатации КСУ на месторождении в климатических условиях ЯНАО, когда среднегодовая температура округа составляет от минус 7 до минус 10°C, наблюдается тенденция к снижению температуры смеси в фазовом разделителе и, как следствие, к увеличению содержания составляющих сухого газа в конденсате с 3,5 до 4,2%. С целью определения эффективных условий дезанизации базового конденсата (вторая ступень) и рационального использования его жидкой части в качестве ШФЛУ (А), проводили исследование влияния температуры сепарации на содержание в ней компонентов  $\Sigma(C_1+C_2)$ , установили оптимальную температуру «горячей» сепарации сырого конденсата.

Для стабилизации работы наиболее чувствительной к колебаниям температуры 2-й ступени сепарации конденсата от изменения количества и состава исходного газа КСУ, воздушного охлаждения газожидкостной смеси на АВО, целесообразно использовать многофункциональный сепаратор, предложенный нами. Такой сепаратор вертикально-горизонтального типа заводского изготовления содержит несколько технологических

зон: распыления конденсата, нагрева его на специальной поверхности тепло-массообмена, релаксации — приближения системы к термодинамическому фазовому равновесию при известных термодинамических параметрах и др.

Установили, что использование разработанных нами оборудования и технологии горячей сепарации конденсата после ВГК и фазового разделителя на КСУ позволяет получить товарную ШФЛУ (А) в количестве 3496,76 кг/ч или 43% от исходного газа на КСУ. При этом расход газа сепарации равен 4634,24 кг/ч (57%). Дополнительное количество газа от 2-й ступени 112,24 кг/ч (1,04%) не сможет повлиять на существующий транспорт газа I ст. до КС. ШФЛУ же с месторождения может транспортироваться на ООО «Ноябрьский ГПК» автомобильным транспортом — пропановозами, оборудованными емкостями, рассчитанными на допустимое ДНП конденсата 1,6 МПа.

Основные достоинства предлагаемых технологии и оборудования утилизации ННГ следующие.

- Полученная с использованием разработанных технологии и оборудования ШФЛУ является ценным сырьем для нефтехимических производств. Она может использоваться для производства СУГ и стабильного газового конденсата или СУГ и жирного полуфабриката, пригодного для смешения с товарной нефтью с увеличением ее бензинового потенциала, для получения авиационного топлива АСКТ. Использование ШФЛУ на объектах

малой энергетики упрощает требования к инфраструктуре при освоении новых и удаленных месторождений — снижает затраты на электроэнергию.

- Оптимизация установок промышленной подготовки НГ путем исключения из схемы традиционной ректификационной колонны-дезанизатора создает коммерчески привлекательные разработки в этой области.
- Разработанные технология и оборудование, реализованные в данном проекте, позволяют эффективно перерабатывать любой состав и объем НГ конечных ступеней сепарации нефти и мягко, без жестких требований к процессам подготовки, вписаться в основную технологию недропользователя. С их помощью решаются важнейшие проблемы: рациональное использование ресурсов НГ и экологическая безопасность в непосредственной близости от источника.
- Добоорудование объекта подготовки нефти установкой переработки ННГ благотворно сказывается на ведении технологического процесса подготовки нефти, т.к. позволяет регулировать его и стабилизировать нефть в более широком интервале температур.
- Предложенные технология и оборудование могут быть использованы при переработке «жирных» ННГ газовой отрасли. Только в ЯНАО в категорию ННГ попадает 15–20% извлекаемых запасов природного газа. При этом в нем постоянно увеличивается доля «жирного» газа и уже к

Название	Формула	Mi	Мол. доля, yi	Масс. доля, y'i
Азот	N <sub>2</sub>	28	0,0002	0,0001
Диокс. углерода	CO <sub>2</sub>	44	0,0022	0,0022
Метан	CH <sub>4</sub>	16	0,0918	0,0332
Этан	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	30	0,1739	0,1177
Пропан	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	44	0,4303	0,4272
И-Бутан	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	58	0,0896	0,1173
Н-Бутан	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	58	0,1457	0,1907
И-Пентан	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	72	0,0281	0,0456
Ц-Пентан	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	72	0,0017	0,0027
Н-Пентан	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	72	0,0247	0,0401
И-Гексан	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	86	0,0051	0,0099
Ц-Гексан	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	86	0,0023	0,0044
Н-Гексан	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	86	0,0030	0,0058
И-Гептан	C <sub>7</sub> H <sub>16</sub>	100	0,0005	0,0011
Ц-Гептан	C <sub>7</sub> H <sub>16</sub>	100	0,0006	0,0013
Н-Гептан	C <sub>7</sub> H <sub>16</sub>	100	0,0002	0,0005
Н-Октан	C <sub>8</sub> H <sub>18</sub>	114	0,0001	0,0003
Σ			1,0000	1,0000
My=ΣMiyi			44,42	
Расход Q, м <sup>3</sup> /ч			3800	
Расход Qm, кг/ч			8133	
Давление P, МПа			0,020	
Температура T, °C			32	
Плотность, кг/м <sup>3</sup>			2,140	

Таб. 1 — Исходный состав ННГ

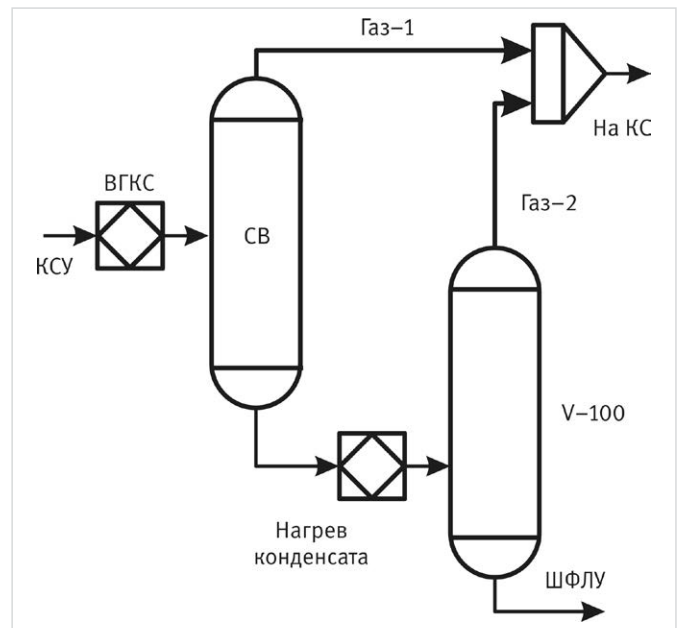


Рис. 1 — Расчетная схема технологического процесса

Компонент	Состав по ТУ 38.101 524 (А), % масс.	Состав конденсата, % масс.
		После ВГК, T=14,8 (I ст) °C
C <sub>1</sub> -C <sub>2</sub>	3, не более	3,48
C <sub>3</sub>	15, не менее	32,43
C <sub>4</sub> -C <sub>5</sub>	45, не менее	59,14
C <sub>6</sub> +	15, не более	4,95

Таб. 2 — Составы ШФЛУ (А) и конденсата при нормальном режиме эксплуатации КСУ

2030 г. почти половина добываемого газа окажется «жирным» [6].

Предлагаемое направление совершенствования установок промышленной обработки низконапорного нефтяного газа перспективно, позволяет получить существенный технологический и экономический эффекты и может послужить основой для серийного производства оборудования, отвечающего специфическим условиям работы в нефтегазовых отраслях промышленности.

#### Итоги

Предложена новая безотходная технология и аппаратное оформление переработки низкотемпературных газов сепарации нефти. Полученная с использованием разработанных технологии и оборудования ШФЛУ является ценным сырьем для нефтехимических производств. Она может использоваться для производства СУГ и стабильного газового конденсата или СУГ и жирного полуфабриката, пригодного для смешения с товарной

нефтью с увеличением ее бензинового потенциала, для получения авиационного топлива АСКТ.

#### Выводы

Разработанный способ переработки низконапорных НГ с получением товарного ШФЛУ может найти практическое применение нефтепользователями при реализации Газовых программ.

#### Список используемой литературы

1. Отличный обзор по объемам сжимаемого ПНГ, потерь  $\text{CH}_4$ +ШФЛУ и перспективам инвестирования в утилизацию. Режим доступа: <http://energyfuture.ru/otlichnyj-obzor-po-obemam-szhigaemogo-png-i-poter-ch4shflu> (дата обращения: 17.02.2015)
2. Очень толковый доклад по проблемам переработки ПНГ с целью извлечения СУГ. Режим доступа: <http://poisk.livejournal.com/534455.html> (дата обращения 17.02.2015)

3. Фейчин В.И., Брагинский О.Б., Заболотский С.А. и др. Исследование состояния и перспектив направлений переработки нефти и газа, нефте- и газохимии в РФ.-М.: Эконом-Информ, 2011. 792 с.

4. Книжников А., Пусенкова Н. Проблемы и перспективы использования нефтяного газа в России // Ежегодный обзор проблемы в рамках проекта «Экология и Энергетика. Международный контекст». М., 2009. Вып. 1. 26 с.
5. Леонтьев С.А., Марченко А.Н., Фоминых О.В. Обоснование рациональных технологических параметров подготовки скважинной продукции Вышгануровского местонахождения // Нефтегазовое дело, 2013. №3.
6. Низконапорный газ // [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://syntheticfuel.com/nng> (дата обращения 17.02.2015)

ENGLISH

ECOLOGY

## Efficient utilization technology of petroleum gas at oil separation last stage

UDC 665.62

#### Authors:

**Ilmer Yu. Khasanov** — ph.d, professor<sup>1</sup>; [npc-sherik@mail.ru](mailto:npc-sherik@mail.ru)

**Boris S. Zhirnov** — ph.d., professor, head of chemical-engineering processes department<sup>2</sup>; [jbc2@mail.ru](mailto:jbc2@mail.ru)

**Ural R. Ilyasov** — ph.d., associate professor, vice-principal for Academic Affairs<sup>3</sup>; [ilyasovu@gmail.com](mailto:ilyasovu@gmail.com)

**Vladimir I. Rogozin** — ph.d., associate professor of chemical-engineering processes department<sup>4</sup>; [npc-sherik@mail.ru](mailto:npc-sherik@mail.ru)

<sup>1</sup>Bashkir State University, Sterlitamak Branch, Sterlitamak, Russian Federation

<sup>2</sup>Ufa State Petroleum Technological University (USPTU), Salavat Branch; Salavat, Russian Federation

<sup>3</sup>USPTU, Ishimbay Branch; Ishimbay, Russian Federation

<sup>4</sup>USPTU, Salavat Branch, Salavat, Russian Federation

#### Abstract

It is proposed a new process and equipment for gas/vapor recovery at last stage of oil separation to obtain commercial product – broad fraction of light hydrocarbons (NGL) – directly at oil fields. The process is based on compression of low pressure gas and "hot" separation of condensate in a multipurpose separator developed by the authors. The method is available for recovering of combination gases and in gas industry in a late stage of gas production at specific hydrocarbon deposits.

#### Materials and methods

Computer-aided study of mass-exchange

processes in the course of contact degassing and fractionating of low pressure gases from oil separation at a modern computer complex taking into account feed stock composition, actual loadings and technological parameters in the course of oil and low pressure gases treatment.

#### Results

It is proposed a new waste-free process and equipment for processing of low-temperature gases at oil separation. NGL obtained using the developed process and equipment is valuable feed stock for petrochemicals production. It can be used for production of liquefied hydrocarbon gases (LHCG) and stable gas condensate or

LHCG and fatty semi-finished product suitable for compounding with stock-tank oil to increase its gasoline potential at producing of ASKT condensed aviation fuel.

#### Conclusions

The developed method of low pressure petroleum gas processing to obtain commodity NGL can find practical application by subsoil users at implementation of Gas programs.

#### Keywords

low pressure gas, separation, condensation, unstable gas condensate, broad fraction of light hydrocarbons (NGL)

#### References

1. *Otlichnyy obzor po ob'emam szhigaemogo PNG, poter'  $\text{CH}_4$ +ShFLU i perspektivam investirovaniya v utilizatsiyu* [An excellent review of compressed APG volumes,  $\text{CH}_4$ +NGL losses and investment prospects into utilization] // [Electronic resource]. Access link: <http://energyfuture.ru/otlichnyj-obzor-po-obemam-szhigaemogo-png-i-poter-ch4shflu> (access date 17.02.2015)
2. Very commenting report on problems pertaining to APG processing for the purpose of LHCG extraction // [Electronic resource]. Access link: <http://poisk.livejournal.com/534455.html> (access date 17.02.2015)
3. Feychin V. I., Braginskiy O. B., Zabolotskiy S. A., etc. *Issledovanie sostoyaniya i perspektiv napravleniy pererabotki nefti i gaza, nefte- i gazokhimi v RF*. [Research of state and trend prospects in petroleum and gas processing, in oil and gas chemistry in the Russian Federation] Moscow: Econom-Infom, 2011. 792 p.
4. Knizhnikov A. Pusenкова N. *Problemy i perspektivy ispol'zovaniya neftyanogo gaza v Rossii* [Problems and prospects of petroleum gas utilization in Russia]. Annual problem review within the project "Ecology and Power Engineering. The International Context" - Moscow, 2009, issue 1, 26 p.
5. Leont'ev S. A., Marchenko A.N., Fominykh O. V. *Obosnovanie ratsional'nykh tekhnologicheskikh parametrov podgotovki skvazhinnoy produktsii Vyshganurovskogo mestonakhozhdenii* [Substantiation of rational technological parameters of processing of flowstream production at Vyshganurovsky location]. Oil and Gas Business, 2013, issue 3.
6. "Low pressure gas" // [Electronic resource]. Access link: <http://syntheticfuel.com/nng> (access date 17.02.2015)