

**Таблица 1.** Результаты расчета

Продуктовый поток	Удельная эксергия, кДж/кг				
	ТС-I	ТС-II	ТС-III	ТС-IV	ТС-V
Бензиновая фракция	179,75	237,14	56,23	55,86	41,95
Дизельная фракция	188,27	242,02	263,09	153,34	81,72
Мазут	196,87	252,67	469,61	677,23	142,37

- Двухколонная схема с распределенной ректификацией и частичной интеграцией тепловых и материальных потоков (ТС-V).

В работе были рассчитаны удельные химическая  $ex_x$  и физическая  $ex_\phi$  эксергии продуктовых потоков:

$$ex_x = I_{обр}^k + I_{обр}^n + I_{обр}^u \quad (1)$$

$$ex_\phi = ex_p + ex_m \quad (2)$$

где:  $I_{обр}^k$  – эксергия обратимого процесса перевода вещества из жидкого состояния в паробразное,  $I_{обр}^n$  – эксергия обратимого процесса перевода паров в идеальное состояние,  $I_{обр}^u$  – эксергия обратимой работы разделения (только для

исходной нефти) идеальной газовой смеси,  $ex_p$ ,  $ex_m$  – изобарная (термическая) и изотермическая (механическая) составляющие физической эксергии.

Основные результаты расчетов приведены в таблице 1.

Расчеты усредненной удельной эксергии позволили:

- сравнить энергозатраты на разделение смеси по различным схемам;
- оценить энергетический потенциал отходящих потоков;
- выбрать оптимальную технологическую схему;
- предложить варианты рекуперации тепла.

## КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ СЕПАРАЦИИ ПРИРОДНОГО ГАЗА

А.А. Бунаев, И.М. Долганов

Научный руководитель – к.т.н., доцент И.М. Долганов

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30, ayur.bunaev@mail.ru*

Газопереработка – одна из самых молодых отраслей промышленности, развитие которой началось во второй половине XX-ого столетия.

На сегодняшний день общемировые запасы газа составляют примерно 147 триллионов м<sup>3</sup> природного газа. Из них около половины разведанных запасов газа приходится на Россию (21,8%) и Иран (23%) [1]. Таким образом, можно предположить, что природный газ – возможное решение глобальной проблемы энергопотребления.

В технологии промысловой подготовки природного газа на сегодняшний день активно используется и развивается процесс низкотемпературной сепарации. Он основан на извлечении жидких углеводородов из газов путем одно или многократной конденсации при пониженных температурах с газо-гидромеханическим разделением газовой и жидкой фаз, находящихся в равновесии [2].

Необходимость проведения процесса низ-

котемпературной сепарации вызвана наличием жидкой фазы, состоящей из воды и легких углеводородов, в добываемом природном газе. Частицы жидкости при транспортировке газа по трубопроводу выступают в роли координационных центров, центров роста кристаллов – газогидратов [3]. Представляющие собой твердые образования внешне похожие на снег, они образуют в трубах т.н. газогидратные «пробки», что является аварийной ситуацией на магистрали, приводящей к остановке производства.

Кратко суть процесса можно выразить так. Добытый газ поступает в сепаратор первой ступени, где разделяется на газ и жидкую фазу, сбрасываемую в отстойники. Очищенный газ направляется затем в газовый теплообменник, где охлаждается встречным потоком обработанного, холодного газа. Оттуда газ снова поступает в сепаратор, где снова происходит процесс сепарации. Подобные стадии могут повторяться необходимое количество раз, в зависимости

от требований, предъявляемых к конечному продукту, и от содержания жидкой фазы в исходном газе. В конце, после теплообменника последней стадии, газ проходит через штуцер, за счет чего происходит понижение давления до давления максимальной конденсации, а температура, понижается за счет эффекта дросселирования.

Для моделирования данного процесса, средствами языка Delphi 7 была составлена модель двухфазного сепаратора. Математически она реализована методом итераций для нахождения необходимых значений, исходя из известных исходных данных: мольные доли компонентов, а также температура и давление, до которых охлаждается смесь. Задаваясь первоначально приближенными значениями констант фазового равновесия и термодинамическими параметрами каждого компонента, используя корреляцию Вильсона, программа постепенно вычисляет точнее необходимые параметры, решая уравнение Рейнольдса-Рашфора для общей доли пара. С помощью нее, в свою

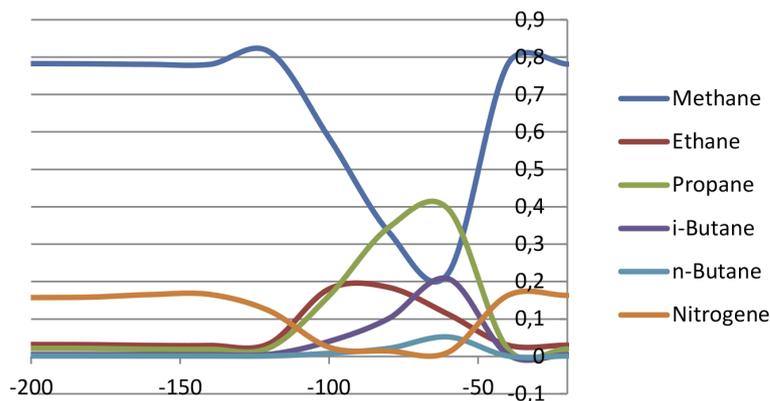


Рис. 1. Пример результата использования программы. Мольные доли компонентов газа в жидкой фазе при постоянном давлении и варьирующейся температуре

очередь, вычисляются коэффициенты летучести для пара и жидкости по методу Соава-Рейдлица-Квонга, отношение которых является более точным значением коэффициентов фазового равновесия. Процесс выполняется до тех пор, пока не сойдется нормировка по компонентам.

Таким образом, эксплуатация процессов переработки значительно облегчается средствами моделирования, позволяющими проводить точные расчеты без существенных материальных затрат.

### Список литературы

1. *Топ-10 стран с самыми большими запасами газа [Электронный ресурс] // Вести Экономика. 2015. URL: <http://www.vestifinance.ru/articles/60550?page=9> (дата обращения: 24.02.2017).*
2. *Кобилев Х.Х., Гойибова Д.Ф., Назарова А.П. // Молодой ученый, 2015.– №7.– С.153–155.*
3. *Катаев К.А. // Всероссийский журнал научных публикаций, 2011.– №1.– С.22.*

## НЕКЛАССИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕКТРОВЗРЫВНОГО ЖЕЛЕЗНОГО КАТАЛИЗАТОРА СИНТЕЗА ФИШЕРА-ТРОПША

Н.П. Бурлуцкий

Научный руководитель – к.т.н., доцент Е.В. Попок

Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30, np-bur@mail.ru

Классический синтез Фишера-Тропша – свод наиболее ожидаемых особенностей данного процесса на железных и кобальтовых катализаторах. Классический синтез был хорошо изучен в 60–80 годах XX века и подробно описан в литературе [1]. К наиболее значимым особенностям относятся: повышение степени конверсии окиси углерода, выходов метана, двуокиси углерода, а также высокомолекулярных парафинов с повышением температуры и давления; яв-

ление адсорбции некоторых продуктов реакции (например, олефинов за счёт двойной связи) с последующим наращиванием углеводородной цепи; преимущественное образование парафинов среди жидких продуктов; кислородсодержащие продукты – оксигенаты, вода, двуокись углерода; вклад реакции равновесия водяного газа в процесс; явление продолжения формирования активной поверхности катализатора непосредственно в ходе синтеза (для железных ката-