

УДК 66.021.2.3.048

<https://www.doi.org/10.47813/dnit.4.2025.3004>

EDN

[MYWSHR](#)

## Технологическое моделирование установки атмосферной перегонки стабильного газового конденсата

С.А. Пономарев\*, Э.В. Гарифуллина, А.Е. Саякин, В.В. Бронская, Н.Ю. Башкирцева

Казанский национальный исследовательский технологический университет, пр. Карла Маркса, 68, Казань, Республика Татарстан, 420015, Россия

\*E-mail: serafim.ponomarev.19@list.ru

**Аннотация.** В статье рассматривается разработка цифровой модели процесса атмосферной перегонки стабильного газового конденсата. Установка первичной переработки нефти является сердцевиной в единой технологической схеме нефте-, газоперерабатывающих предприятий. Изменение режима работы такой установки оказывает влияние на качество и количество выпускаемых продуктов, а также на работу установок вторичной переработки нефти. В работе рассмотрены основные проблемы увеличения мощности установки при отсутствии необходимых технических перевооружений для сохранения проектных показателей качества продуктов. Разработанная цифровая модель может применяться для решения задач оптимизации производительности процесса и производственных условий, определения возможности энергосбережения, расчета экономического потенциала получения дополнительной прибыли, при проектировании аналогичных процессов. Объектом моделирования является действующая установка переработки стабильного газового конденсата мощностью 4 млн тонн в год одного из предприятий, функционирующих на территории Российской Федерации. В ходе моделирования описана технологическая схема процесса, получены материальный и тепловой балансы, показатели качества продуктов процесса. Критерием адекватности оценки работы цифровой модели является сравнение показателей полученных продуктов с реальными данными анализов проб и материальных балансов при условии соблюдения аналогичных параметров процесса.

**Ключевые слова:** моделирование технологических процессов, атмосферная перегонка, режим работы установки, ректификация.

## Technological modeling of the atmospheric distillation unit of stable gas condensate

S.A. Ponomarev\*, E.V. Garifullina, A.E. Salyakin, V.V. Bronskaya, N.Y. Bashkirtseva

Kazan National Research Technological University, Karl Marx Ave., 68, Kazan, Republic of Tatarstan, 420015, Russia

\*E-mail: serafim.ponomarev.19@list.ru

**Abstract.** The article considers the development of a digital model of the process of atmospheric distillation of stable gas condensate. The primary oil refining unit is the core of a single technological scheme of oil and gas processing enterprises. Changing the operating mode of such a unit affects the quality and quantity of manufactured products, as well as the operation of secondary oil refining units. The paper considers the main problems of increasing the capacity of the unit in the absence of the necessary technical re-equipment to maintain the design indicators of product quality. The developed digital model can be used to solve problems of optimizing process performance and production conditions, determining the possibility of energy saving, calculating the economic potential for obtaining additional profit, when designing similar processes. The object of modeling is an operating stable gas condensate refining unit with a capacity of 4 million tons per year of one of the enterprises operating in the territory of the Russian Federation. During the modeling, the process flow chart is described, material and heat balances, and quality indicators of the process products are obtained. The adequacy criterion for assessing the performance of the digital model is a comparison of the indicators of the obtained products with real data from sample analyzes and material balances, subject to similar process parameters.

**Keywords:** modeling of technological processes, atmospheric distillation, operating mode of the unit, rectification.

## 1. Введение

Первичная перегонка нефти является головным процессом любого НПЗ. На установке перегонки вырабатывается ряд фракций, которые поступают на последующие вторичные процессы переработки (вторичную перегонку, риформинг, гидроочистку и т.д.) [1]. В связи с современной тенденцией углубления переработки нефти, увеличение отбора светлых фракций (фракции до 350-360 °С) является важнейшей задачей технологии первичной перегонки нефти. Повышение четкости погоноразделения является также одной из важных задач технологии переработки нефти, поскольку основные показатели качества дистиллятных фракций существенным образом зависят от фракционного состава дистиллятов [2]. Однако, непрерывное наращивание мощности установок перегонки нефти без значительной их реконструкции привело к заметному ухудшению качества продуктов: налегание температур кипения между некоторыми дистиллятными фракциями достигло 100-150 °С, температура начала кипения мазута стала на 40-50°С ниже температуры конца кипения дизельного топлива, а содержание в мазуте фракции до 350 °С повысилось до 10-12% [3-6].

Газовый конденсат, как и нефть, является смесью жидких углеводородов. Основное отличие между нефтью и газовым конденсатом - отсутствие или крайне низкое содержание смолисто-асфальтеновых соединений в последнем [7].

## 2. Постановка задачи (Цель исследования)

Процесс перегонки характеризуется высокой технологической гибкостью, что подтверждает возможность рассмотрения вопроса анализа работы действующих объектов с целью увеличения загрузки, улучшения качества продукции, снижения потребления энергоресурсов. Для анализа достижения перечисленных целей разработана цифровая модель установки атмосферной перегонки стабильного газового конденсата.

Основным оборудованием является ректификационная колонна, состоящая из 47 клапанных двухпоточных тарелок. Для вывода продуктов предусмотрено два боковых погона (керосиновая и дизельная фракции). Для съема избыточного тепла предусмотрено одно циркуляционное орошение.

Предварительно нагретое сырье (частично отбензиненный стабильный газовый конденсат) смешивается с рециклом кубового продукта и поступает на 43-ю тарелку колонны. С верха колонны выводится бензиновая фракция, балансовый избыток

которой, направляется в товарный парк. С 14-ой тарелки колонны К-1 выводится керосиновая фракция, которая поступает в колонну К-2/1 для отпарки легких (бензиновых) фракций. С 29-ой тарелки колонны К-1 выводится дизельная фракция, которая поступает в колонну К-2/2 для отпарки легких (бензиновых) фракций. Далее отбензиненные керосиновая и дизельная фракции направляются в парк. Кубовый продукт колонны К-1 (фракция  $> 340^{\circ}\text{C}$ ) разделяется на два потока: первый выводится с установки в качестве компонента товарного стабильного конденсата (фракция  $> 340^{\circ}\text{C}$  (2)), второй в поступает на смешение с сырьем в качестве рецикла.

### 3. Методы и материалы исследования

Исходные данные для технологического моделирования: состав сырья, значения параметров работы и технологическая схема установки. Моделирование осуществлялось в программном обеспечении Aspen Hysys. В процессе моделирования использовался термодинамический пакет Peng-Robinson. Цифровая модель представлена на рисунке 1.

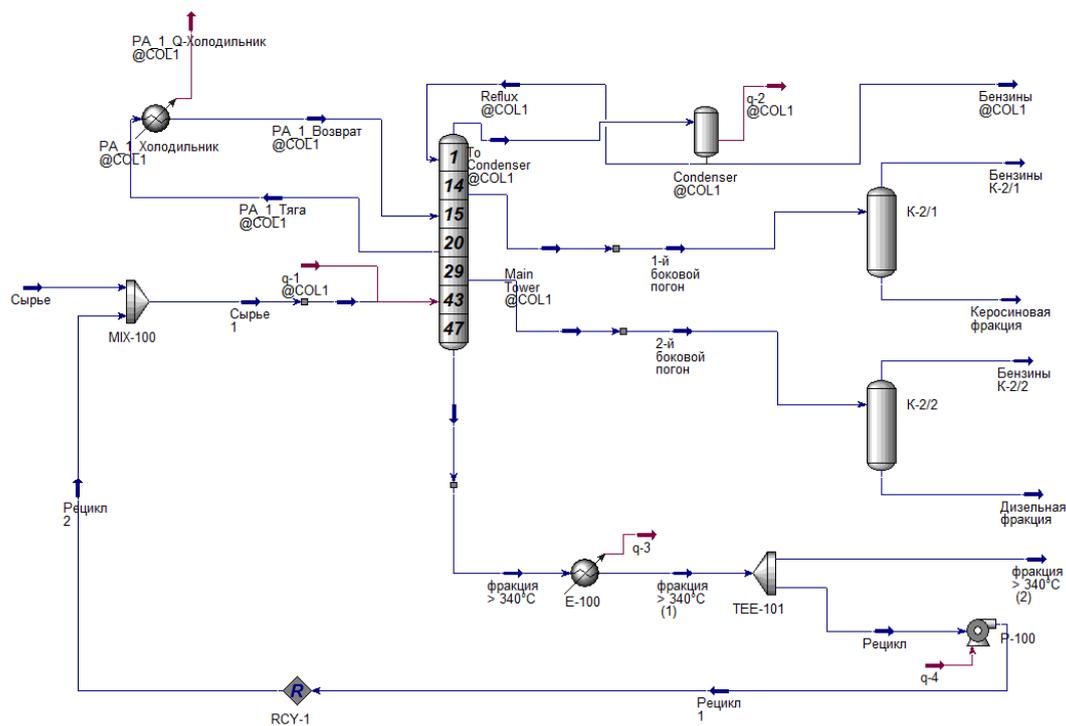


Рисунок 1. Цифровая модель атмосферной перегонки стабильного конденсата.

#### 4. Полученные результаты

Критерием адекватности цифровой модели является сравнение расчетных значений качества продуктов с реальными показателями работы установки. Сравнительными показателями будут являться температурные пределы выкипания и объемный выход продуктов, приведенные в таблицах 1 и 2 соответственно.

**Таблица 1.** Температурные пределы выкипания.

Продукт	Объем выкипания	Значение, °C
Бензиновая фракция	Начало кипения	50
	10%	54,5
	50%	93,5
	70%	109,1
	90%	123,8
	Конец кипения	147,9
Керосиновая фракция	Начало кипения	116,5
	10%	149,6
	50%	163
	90%	180,1
	Конец кипения	208,1
Дизельная фракция	Начало кипения	158,3
	5%	206
	10%	214,5
	50%	254,3
	90%	314,5
	95%	331,4
Кубовый продукт	Начало кипения	98,6
	5%	221,4
	10%	259,3

**Таблица 2.** Объемный выход продуктов.

Продукт	Значение, м <sup>3</sup> /ч
Верхний продукт (балансовый избыток)	112
Бензины отпарки	37
Керосиновая фракция	74
Дизельная фракция	142
Кубовый продукт (балансовый избыток)	46

Сравнение характеристик показало адекватность работы цифровой модели, относительная погрешность показателей составляет не более 3%.

## 5. Выводы

Разработанная цифровая модель на основе действующей установки первичной переработки стабильного газового конденсата адекватно описывает работу установки и может использоваться для принятия решений об оптимизации производительности процесса, определении возможности энергосбережения, при расчете экономического потенциала получения дополнительной прибыли, а также для ускорения проектирования аналогичных установок.

## Список литературы

1. Кемалов, А. Ф. Теоретические и прикладные основы разработки поточной схемы и расчета товарного баланса нефтеперерабатывающего завода / А. Ф. Кемалов, Р. А. Кемалов, Т. Ф. Ганиева. – Казань: КГТУ, 2010. – 12 с.
2. Александров, И. А. Перегонка и ректификация в нефтепереработке / И. А. Александров. – Москва: Изд-во Москва “Химия”. 1981. – 167 с.
3. Гайфуллин, Д. С. Моделирование установки низкотемпературной изомеризации в среде Aspen Hysys и анализ работы моделей / Д. С. Гайфуллин, Э. В. Гарифуллина, Н. Ю. Башкирцева // V Всероссийская (национальная) научная конференция «Наука, технологии, общество: Экологический инжиниринг в интересах устойчивого развития территорий» (НТО-V-2024). – 2024. – № 13. – С. 56-61.
4. Шафиков, Р. Р. Моделирование гидродинамических процессов, протекающих внутри сепарационного оборудования, применяемых на газоконденсатных месторождениях / Р. Р. Шафиков, М. М. Фарахов, Э. В. Гарифуллина, В. В. Бронская, В. А. Алексеев // Вестник Технологического университета. – 2023. – Т. 26. – № 12. – С.124-128.
5. Султанова, Л. Р. Расчетные методы прогнозирования содержания светлых фракций в нефтях / Л. Р. Султанова, Р. Н. Костромин, В. В. Бронская, О. С. Харитонова, Т. В. Игнашина, Э. В. Гарифуллина // Вестник технологического университета. – 2022. – Т. 25. – № 6. – С. 105-109.
6. Федотов, Р. А. Модифицированный алгоритм планирования процессов / Р. А. Федотов, В.В. Бронская, Д.С. Бальзамов, Т.В. Игнашина, Э.В. Гарифуллина,

К.Х. Гарипов, А.В. Шипин // Научно-технический вестник Поволжья. – 2024. – № 7. – С. 203-205.

7. Шафиков, Р. Р. Сравнение гидравлических характеристик прямоточно-центробежных элементов сепараторов газоконденсатных месторождений / Р.Р. Шафиков, Л.Н. Шагаев, Э.В. Гарифуллина, В.В. Бронская // Вестник технологического университета. – 2024. – Т. 27. – № 8. – С.104-108.