Поступила в редакцию *08.04.2025*

УДК 665.63 DOI: 10.37816/2713-0789-2025-5-2(16)-95-105

Повышение эффективности работы колонны атмосферной перегонки нефти за счет контроля избыточного испарения в трубчатой печи

И. С. Медведев[*,1], С. Г. Дьячкова[**]

**ООО «Иркутская химическая компания», Иркутск, Россия*
***Иркутский национальный исследовательский технический университет, Иркутск, Россия*

Аннотация

В статье с помощью методов математического моделирования проведены анализ и модернизация системы управления атмосферной перегонкой нефти за счёт контроля избыточного испарения в трубчатой печи. Предложена схема регулирования избыточности испарения в трубчатой печи. Корректировка температуры сырья на выходе из печи осуществляется на базе показаний расходомера для потока оверфлэша. Это позволяет адаптировать установку под изменение состава сырья, который может вызывать колебания температуры и давления в колонне. Выявлено влияние фракционного состава сырья на характеристики классической и модернизированной схемы ректификации. Установлено, что при утяжелении сырья стабильность расхода оверфлэша (на уровне 111.5 м^3/ч) может быть обеспечена за счёт большего нагрева нефти в печи. При этом возрастает чёткость фракционирования и выход светлых фракций по сравнению с классической схемой ректификации. Модернизация схемы атмосферной перегонки нефти за счёт контроля расхода оверфлэша, являющегося реперным показателем избыточного испарения в трубчатой печи, является перспективным направлением интенсификации нефтепереработки, направленным на повышение выхода дистиллятных фракций и чёткости ректификации.

Ключевые слова

Атмосферная перегонка нефти, ректификационная колонна, математическое моделирование технологических процессов, трубчатая печь.

Введение

Повышение глубины переработки нефти и качества товарных нефтепродуктов напрямую связано с эффективностью первичных процессов и, в частности, с атмосферной перегонкой нефти [1, 2]. Эта проблема крайне актуальна для современной российской нефтегазовой отрасли, поскольку в России имеется большое количество установок, построенных в советское время и требующих модернизации. Интенсификация прямой перегонки нефти

[1] *Для переписки:*
Email: vanmedvedev@mail.ru

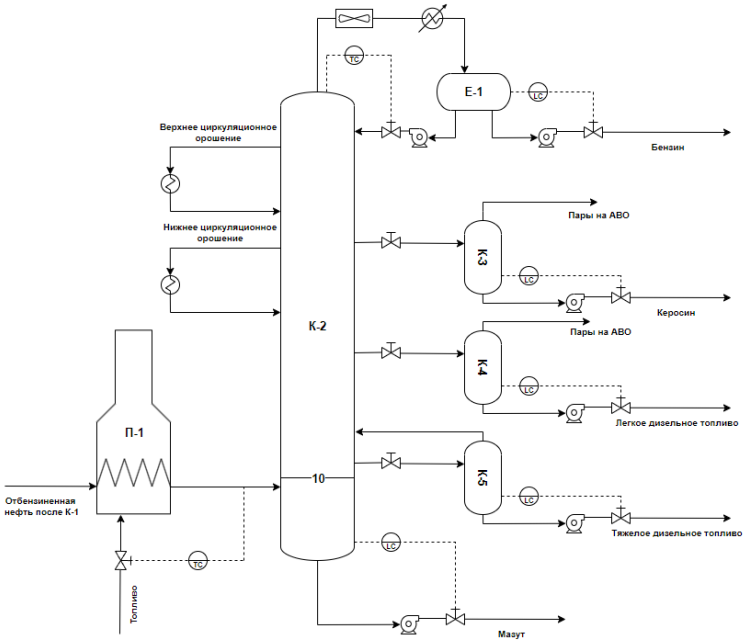
направлена на повышение отбора дистиллятных фракций, а также на обеспечение чёткости ректификации, то есть уменьшение наложения температур конца кипения предыдущей и начала кипения последующей фракций [3, 4], что позволит повысить экономическую эффективность нефтепереработки [5, 6].

В настоящее время самыми распространенными способами повышения эффективности блока атмосферной перегонки нефти являются модернизация схемы ректификации [3, 4], замена контактных устройств колонн ректификации, применение разнообразных схем орошения колонны, модернизация блока рекуперативного теплообмена [7, 8]. Вместе с тем работа ректификационной колонны напрямую связана с основными технологическими характеристиками установок, в которых нагревается сырьё. Трубчатые печи являются основными нагревателями на установках АТ, АВТ и комбинированных установках АТ + вторичная разгонка широкой бензиновой фракции, обеспечивая нагрев и испарение соответствующего потока. Однако проблема взаимосвязи и управления технологическими параметрами ректификационных колонн и трубчатых печей в настоящее время изучена недостаточно. Известно, что контроль избыточного испарения в нагревательной печи (оверфлэша) позволяет регулировать расход внутреннего орошения в промывной секции колонны и оптимизировать тепловой режим самой печи [9, 10].

В связи с этим целью настоящего исследования являлась оптимизация работы колонны атмосферной перегонки нефти за счёт регулирования избыточного испарения в трубчатой печи.

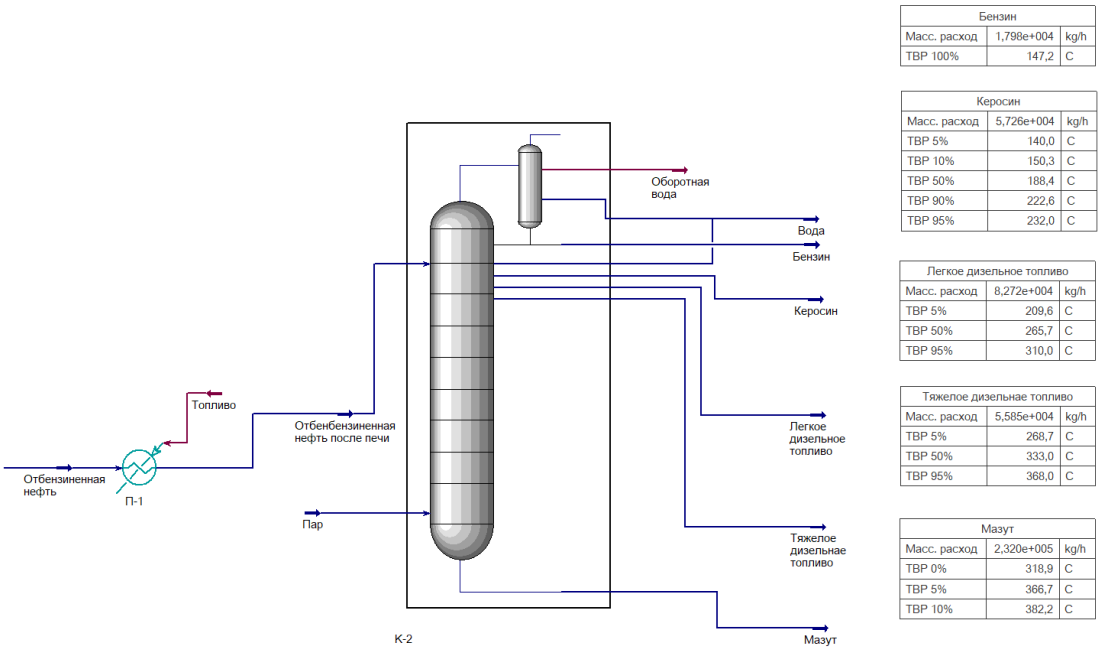
Материалы и методы

В качестве объекта исследования нами была взята классическая схема ректификации отбензиненной нефти, реализуемая на большинстве российских НПЗ (рисунок 1).



П-1 — трубчатая печь; К-2 — ректификационная колонна; АВО — аппарат воздушного охлаждения; Е-1 — рефлюксная ёмкость; К-3, К-4, К-5 — отпарные колонны

Рисунок 1 — Схема атмосферной ректификации отбензиненной нефти



ТВР – истинная температура кипения

Рисунок 2 — Метаматическая модель колонны К-2

Отбензиненная нефть после колонны К-1 поступает в трубчатую печь П-1, где нагревается до заданной температуры, при которой обеспечивается необходимая доля отгона, и подается в колонну К-2 на разделение. Температура сырья на выходе из печи регулируется по расходу топливного газа и жидкого топлива, подаваемого в горелки печи. Температура верха колонны К-2 поддерживается за счёт регулирования расхода острого орошения из ёмкости Е-1. Уровень в ёмкости Е-1 регулируется отбором бензина.

Керосиновая фракция из К-2 поступает в отпарную колонну К-3 для отделения лёгких компонентов, тем самым обеспечивается необходимая температура начала кипения керосина. Уровень в кубе колонны К-3 регулируется отбором керосина. Продуктом колонны К-4 является лёгкое дизельное топливо (ЛДТ), колонны К-5 —тяжёлое дизельное топливо (ТДТ). Автоматизация для этих колонн устроена аналогично колонне К-3. На колоннах К-3 и К-4 реализована система беспарового разделения. Пары с верха колонн поступают на аппарат воздушного охлаждения, теплообменник и конденсируются, тем самым достигается вакуум и происходит отгонка лёгких компонентов. Конденсат паров возвращается с потоком верхнего циркуляционного орошения (ВЦО). Уровень в кубе колонны К-2 регулируется отбором мазута.

Результаты и обсуждение

Согласно схеме (рисунок 1), системы регулирования печи и колонны не связаны друг с другом, хотя режим работы колонны напрямую связан с работой атмосферной печи. Подобное устройство схемы регулирования блока делает колонны уязвимыми и инертными к изменениям в режиме работы предыдущих блоков (изменение состава сырья, температуры сырья) [11].

Для анализа эффективности колонны К-2 была создана её модель в программе Aspen HYSYS (рисунок 2).

На первом этапе эксперимента была построена математическая модель колонны с количеством тарелок, соответствующим колонне К-2. Второй этап

заключался в последовательном добавлении боковых отборов из колонны К-2, а именно бензина, керосина, лёгкого и тяжёлого дизельного топлива. При этом в качестве фиксированных параметров колонны были выбраны показатели качества продуктов, а именно температуры кипения 5 и 95 % выкипания фракций. Отбор боковых продуктов осуществляется с 48-й тарелки (керосин), с 41-й (дизельное топливо лёгкое) и с 26-й (дизельное топливо тяжёлое). Также фиксировались показатели по температуре верха и низа колонны.

На втором этапе были добавлены два контура циркуляционного орошения — ВЦО и НЦО (верхнее и нижнее циркуляционные орошения). Жидкость для верхнего циркуляционного орошения отбирается с АК-2 (аккумулятор жидкости) и возвращается на 47-ю тарелку. Жидкость для нижнего циркуляционного орошения отбирается с АК-1 и возвращается на 40-ю тарелку. Для каждого контура были заданы по две спецификации: расход и разница температуры между отобранным потоком и возвращаемым.

Для анализа работы колонны К-2 был проведён эксперимент по влиянию фракционного состава нефти на технологические характеристики колонны. Для этого в сырьевую нефть добавляли мазут в количестве 5, 10 и 15 масс. %. Состав мазута аналогичен кубовому продукту колонны К-2. При этом фиксировалось изменение расхода дистиллятов и расхода жидкости с 10-й тарелки. Также фиксировалось значение расхода жидкости с 10-й тарелки, или расход оверфлэша. Оверфлэш характеризует орошение колонны в отпарной секции мазута и обеспечивается за счёт избыточного испарения отбензиненной нефти в трубчатой печи.

В ходе моделирования были получены результаты по расходу основных потоков и температурам в контрольных точках (таблица 1).

Из полученных данных видно, что при утяжелении сырья расход жидкости с 10-й тарелки уменьшается, что влечёт за собой увеличение содержания светлых дистиллятов в кубовом продукте колонны К-2. Также наблюдается снижение расхода острого орошения с увеличением доли дополнительного вовлечённого в нефть мазута.

Расширенный контроль установки включает в себя модель, основанную на методе контроля избыточности испарения в печи, нагревающей сырьё перед подачей в атмосферную колонну. Данная схема обеспечивает контроль температуры на выходе змеевика печи для поддержания заданного значения избыточного испарения. Обеспечение чёткости ректификации и максимизация выхода светлых нефтепродуктов атмосферного блока являются важной задачей первичных процессов нефтепереработки.

Схемы управления избыточного испарения трудны для реализации. Это связано с тем, что, когда происходит повышение температуры сырья на выходе из печи, в колонне возникает тепловое возмущение. Тепловое возмущение постепенно перемещается вверх по колонне, и на основании показаний верхнего регулятора температуры, наконец, принимаются меры для увеличения внутреннего орошения [12, 13]. Увеличенный рефлюкс движется вниз по колонке и в конечном итоге проявляется в виде оверфлэша. Этот процесс может занять несколько часов, наблюдается изменение температурного профиля колонны и фракционного состава получаемых дистиллятов [14].

Таблица 1 — Результаты моделирования классической схемы ректификации

Показатель			Количество вовлечённого в исходную нефть мазута, масс. %			
			0	**5**	**10**	**15**
Расход	кг/ч	бензин	18187.4	14199.1	9742.3	4189.0
		керосин	56469.8	52766.1	49503.7	47553.6
		ЛДТ	82668.0	78637.6	74699.0	70451.7
		ТДТ	54081.5	50551.8	47928.9	44790.9
		мазут	234379.0	263927.8	275673.7	278816.5
	$м^3$/ч	орошение	220.9	191.8	161.8	135.8
		ВЦО	210.0	210.0	210.0	210.0
		НЦО	175.0	175.0	175.0	175.0
		жидкость с 10-й тарелки	111.5	105.6	97.7	90.5
Температура, ^{0}C		верх колонны	100.1	102.5	104.3	102.8
		на тарелке №:				
		48	160.1	159.9	159.5	157.4
		41	228.8	228.8	228.8	228.8
		26	289.6	290.1	290.3	290.7
		низ колонны	329.4	331.1	330.7	331.3
		из печи П-1	355.0	355.0	355.0	355.0
Температура отбора фракции, ^{0}C		100 % бензина	147.4	147.4	147.4	147.4
		5 % керосина	140.0	140.0	140.0	140.0
		95 % керосина	232.0	232.0	232.0	232.0
		95 % ЛДТ*	310.0	310.0	310.0	310.0
		95 % ТДТ*	368.0	368.0	368.0	368.0

*ЛТД — лёгкое дизельное топливо, ТДТ — тяжёлое дизельное топливо, ВЦО — верхнее циркуляционное орошение, НЦО — нижнее циркуляционное орошение

Функция прямой связи, которая контролирует нагрев или охлаждение колонны и изменяет параметры циркуляции для стабилизации колонны, *помогает сократить время отклика*. При такой работе циркуляционные контуры немедленно реагируют на повышение температуры отпарной секции. Таким образом, изменение температурного профиля колонны уменьшается с часов до минут [14]. Для проведения эксперимента была разработана система управления с контролем расхода оверфлэша (рисунок 3).

Основным прибором для измерения расхода нефтяных потоков является диафрагменный расходомер [15]. Поток оверфлэша отличается относительно низким расходом и давлением, а также высокой температурой. Следовательно, измерение расхода данным прибором будет затруднено. Для измерения расхода оверфлэша целесообразно применять ультразвуковой расходомер. Его особенностью является высокая точность измерения низкого расхода потоков с высокой температурой. Также возможна его установка на действующий трубопровод без нарушения его герметичности [9].

Для проведения анализа работы системы управления колонны с расходом оверфлэша была построена математическая модель в программе Aspen HYSYS. В ходе моделирования был использован модуль, подбирающий температуру нагрева сырья таким образом, чтобы расход оверфлэша был равен расходу до утяжеления сырья, то есть на уровне 111.5 $м^3$/ч. Для создания подобной системы регулирования температуры сырья на выходе из печи требуется установка расходомера для

потока оверфлэша, по данным с которого и будет корректироваться температура на выходе из печи.

Такая система позволит установке адаптироваться под колебания состава сырья, которые могут вызывать изменение температуры сырья и давления в колонне [16]. Также с предложенной моделью был проведён эксперимент по изучению влияния на режим работы колонны изменения состава сырья. В ходе моделирования были получены результаты по расходу основных потоков, температурам в контрольных точках, расходу жидкости с 10-й тарелки (таблица 2).

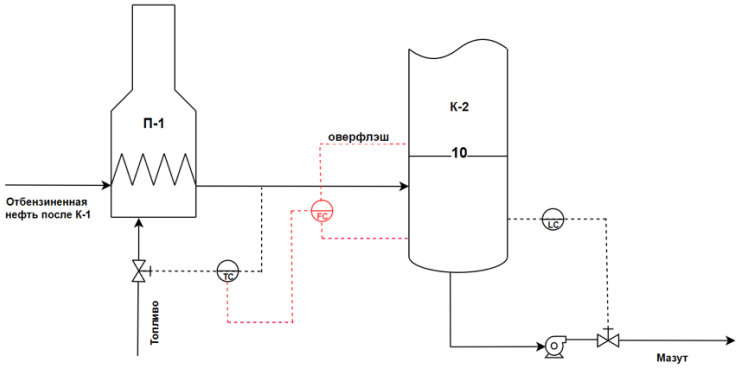


Рисунок 3 — Схема регулирования расхода оверфлэша

Таблица 2 – Результаты моделирования схемы с контролем оверфлэша

Показатель			Количество вовлечённого в исходную нефть мазута, масс. %			
			0	**5**	**10**	**15**
Расход	кг/ч	бензин	18187.4	14231.5	9603.3	4265.0
		керосин	56469.8	52883.2	50029.5	48017.9
		ЛДТ*	82668.0	78751.8	74738.9	70570.9
		ТДТ*	54081.5	51656.3	49305.3	47049.3
		мазут	234379.0	248276.6	262126.2	275897.5
	$м^3$/ч	орошение	220.9	200.2	179.1	160.9
		ВЦО*	210.0	210.0	210.0	210.0
		НЦО*	175.0	175.0	175.0	175.0
		жидкость с 10-й тарелки	111.5	111.5	111.5	111.5
Температура, ^oC		верх колонны	100.1	101.8	103.9	103.5
		на тарелке №:				
		48	160.1	160.1	160.0	158.6
		41	228.8	229.2	229.8	230.5
		26	289.6	290.8	292.1	293.5
		низ колонны	329.4	331.8	334.2	336.8
		из печи П-1	355.0	357.4	360.0	362.7
Температура отбора фракции, ^oC		100 % бензина	147.4	147.4	147.4	147.4
		5 % керосина	140.0	140.0	140.0	140.0
		95 % керосина	232.0	232.0	232.0	232.0
		95 % ЛДТ*	310.0	310.0	310.0	310.0
		95 % ТДТ*	368.0	368.0	368.0	368.0

*ЛТД — лёгкое дизельное топливо, ТДТ — тяжёлое дизельное топливо, ВЦО — верхнее циркуляционное орошение, НЦО — нижнее циркуляционное орошение.

Из полученных данных видно, что при вовлечении мазута в сырьё поддержание расхода жидкости с 10-й тарелки на уровне 111.5 м^3/ч осуществляется за счёт большего нагрева нефти в печи. При этом возрастает выход светлых фракций по сравнению с классической схемой ректификации. Для наглядности данные по выходу фракций при добавлении 15 масс. % мазута к сырью представлены в таблице 3.

Таблица 3 — Зависимость выхода продуктов ректификации в зависимости от используемой схемы: без контроля оверфлэша (I) и с контролем оверфлэша (II)

Выход продукта ректификации, кг/ч	**(I)**	**(II)**
Бензин	4189.0	4265.0
Керосин	47553.6	48017.9
Лёгкое дизельное топливо	70451.7	70570.9
Тяжёлое дизельное топливо	44790.9	47049.3
Мазут	278816.5	275897.5

Из полученных данных видно, что с контролем оверфлэша выход бензина увеличился на 76 кг/ч, керосина — на 464.2 кг/ч, ЛДТ — на 119.2 кг/ч и ТДТ — на 2258.4 кг/ч. Оверфлэш является орошением для зоны отпарки мазута, а значит характеризует работу не только концентрационной секции, но и выпарной секции мазута. Поэтому контроль избыточного испарения позволяет обеспечить более эффективное извлечение светлых фракций из всего сырья.

Заключение

Установлено, что избыточность испарения сырья в трубчатой печи напрямую влияет на расход оверфлэша. Предложенная система регулирования, связывающая температуру сырья на входе в атмосферную колонну и расход оверфлэша, показала более эффективное фракционирование в части выхода дистиллятных фракций по сравнению с классической схемой ректификации отбензиненной нефти.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. Адушев М. Н. Современные проблемы нефтеперерабатывающей промышленности России. *Вестник Пермского университета. Экономика*, 2015, № 1(24), с. 55–68.

[2]. Филимонова И. В., Немов В. Ю., Дзюба Ю. А. Современные тенденции развития нефтеперерабатывающей отрасли в Российской Федерации. Бурение и нефть, 2021, № 11, с. 7–12.

[3]. Губанов Н. Д., Рыбкин А. Я., Дьячкова С. Г. Одноколонная схема первичной перегонки нефти с использованием отпаривающего агента для малых НПЗ. *Мир нефтепродуктов. Вестник нефтяных компаний*, 2016, № 6, с. 26–30.

[4]. Базаров Г. Р., Икромов Ш. Ш. Эффективные варианты переработки нефти для увеличения выхода дистиллятов. *The scientific heritage*, 2021, № 68, с. 11–15.

DOI: 10.24412/9215-0365-2021-68-1-11-15

[5]. Бубнов М. А. и др. Маржинальность переработки прямогонных фракций современного НПЗ. *Мир нефтепродуктов. Вестник нефтяных компаний*, 2022, № 1, с. 24–30.

DOI: 10.32758/2782-3040-2022-0-1-24-30

[6]. Бурдина Н. А., Прокопович Р. С. Перспективы нефтеперерабатывающей промышленности в России. Международный журнал гуманитарных и естественных наук, 2019, № 6–1, с. 110–114.

DOI: 10.24411/2500-1000-2019-11260

[7]. Марешова Л. А. и др. Результаты внедрения в промышленность разработок по регулярным перекрестноточным насадкам учеными Уфимского государственного нефтяного технического университета. *Нефтегазовое дело*, 2007, с. 1–11.

[8]. Бабкин В. А. и др. Увеличение энергоэффективности в процессе атмосферной перегонки нефти. *Известия Томского политехнического университета. Химия и химические технологии*, 2014, т. 325, № 3, с. 56-63.

[9]. Buckley P. S., Luyben W. L., Shunta J. P. Design of distillation column control systems. United States of America: Edward Amold, 1985. 529 p.

[10]. Ульянов Д. В. Способ управления ректификационной колонной выделения изопентана. Международный научный журнал "Инновационная наука", 2023, № 4–2, с. 50–55.

[11]. Кистер Г. Выявление и устранение проблем перегонки в нефтепереработке и нефтехимии. Практическое руководство / пер. с англ. яз. под ред. Н. Ю. Белоконя, О. Ф. Глаголевой. СПб.: ЦОП "Профессия", 2019. 784 с.

[12]. Lieberman N. P. Troubleshooting Process Plant Control. United States of America: Penn Well Publications, 2017. 320 p.

[13]. Боженков Г. В. и др. Исследование и оптимизация работы блока разделения прямогонной нафты установки изомеризации ОАО "АНХК". *Мир нефтепродуктов. Вестник нефтяных компаний*, 2014, № 9, с. 11–15.

[14]. Диго Г. Б. и др. Исследование моделей виртуальных анализаторов массообменного технологического процесса ректификации. *Информатика и системы управления*, 2011, № 4, с. 17–27.

[15]. Ермоленко А. Д. и др. Проектирование систем автоматизации процессов нефтегазопереработки. СПб.: ЦОП "Профессия", 2017. 272 с.

[16]. Кондрашов С. Н., Бурдин И. С. Система непрерывной идентификации и управления качеством продуктов первичной переработки нефти. *Вестник ПНИПУ. Химическая технология и биотехнология*, 2016, № 4, с. 27–42.

DOI: 10.15593/2224-9400/2016.4.02

Медведев Иван Сергеевич — эксперт направления по технологии брома, ООО «Иркутская химическая компания» (Российская Федерация, 664007, Иркутск, ул. Декабрьских Событий, д. 29).

Дьячкова Светлана Георгиевна — д–р хим. наук, профессор, профессор кафедры химической технологии им. Н. И. Ярополова, Иркутский национальный исследовательский технический университет (Российская Федерация, 664074, Иркутск, ул. Лермонтова, д. 83).

Improving the efficiency of the atmospheric distillation column by controlling excess evaporation in the tube furnace

I. S. Medvedev[*,1], S. G. Dyachkova[**]

** Irkutsk chemical company LLC, Irkutsk, Russia*
***Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia*

Abstract

In the article, using mathematical modeling methods, the control system of atmospheric distillation of oil is analyzed and modernized by monitoring excess evaporation in a tubular furnace. A scheme for regulating excess evaporation in a tubular furnace is proposed. The feedstock temperature at the furnace outlet is adjusted based on the flow meter readings for the overflash flow. This allows the unit to be adapted to changes in the feedstock composition, which can cause temperature and pressure fluctuations in the column. The effect of the fractional composition of the feedstock on the characteristics of the classic and modernized rectification schemes is revealed. It is found that with heavier feedstock, the stability of the overflash flow rate (at the level of 111.5 m3/h) can be ensured by heating the oil more in the furnace. At the same time, the clarity of fractionation and the yield of light fractions increase compared to the classic rectification scheme. Modernization of the scheme of atmospheric distillation of oil, due to control of the overflash consumption, which is a reference indicator of excess evaporation in a tubular furnace, is a promising direction for the intensification of oil refining, aimed at increasing the yield of distillate fractions and the clarity of rectification.

Keywords

Atmospheric distillation of oil, distillation column, mathematical modeling of technological processes, tubular furnace.

REFERENCES

[1]. Adushev M. N. Sovremennye problemy neftepererabatyvayushchey promyshlennosti Rossii [Current problems of Russian oil refining industry]. *Vestnik Permskogo universiteta. Ekonomika* [Bulletin of Perm University. Economics], 2015, no. 1(24), pp. 55–68. (In Russ.)

[2]. Filimonova I. V., Nemov V. Yu., Dzyuba Yu. A. Sovremennye tendentsii razvitiya neftepererabatyvayushchey otrasli v Rossiyskoy Federatsii [Current trends in the development of oil refining industry in the Russian Federation]. *Burenie i neft* [Drilling and Oil], 2021, no. 11, pp. 7–12. (In Russ.)

[1] *Corresponding author:*
Email: vanmedvedev@mail.ru

[3]. Gubanov N. D., Rybkin A. Ya., Dyachkova S. G. Odnokolonnaya skhema pervichnoy peregonki nefti s ispol'zovaniem otparivayushchego agenta dlya malykh NPZ [Single-column crude oil distillation scheme using stripping agent for small refineries]. *Mir nefteproduktov. Vestnik neftyanykh kompaniy* [World of petroleum products. Bulletin of oil companies], 2016, no. 6, pp. 26-30. (In Russ.)

[4]. Bazarov G. R., Ikromov Sh. Sh. Effektivnye varianty pererabotki nefti dlya uvelicheniya vykhoda distillyatov [Efficient oil processing options to increase distillate yield]. *The scientific heritage*, 2021, no. 68, pp. 11–15. (In Russ.)

DOI: 10.24412/9215-0365-2021-68-1-11-15

[5]. Bubnov M. A. et al. Marzhinal'nost' pererabotki pryamogomnykh fraktsiy sovremennogo NPZ [Refining margins of straight-run fractions of modern refineries]. *Mir nefteproduktov. Vestnik neftyanykh kompaniy* [World of petroleum products. Bulletin of oil companies], 2022, no. 1, pp. 24–30. (In Russ.)

DOI: 10.32758/2782-3040-2022-0-1-24-30

[6]. Burdina N. A., Prokopovich R. S. Perspektivy neftepererabatyvayushchey promyshlennosti v Rossii [Prospects of oil refining industry in Russia]. *Mezhdunarodnyy zhurnal gumanitarnykh i estestvennykh nauk* [International Journal of Humanities and Natural Sciences], 2019, no. 6-1, pp. 110-114. (In Russ.)

DOI: 10.24411/2500-1000-2019-11260

[7]. Mareshova L. A. et al. Rezul'taty vnedreniya v promyshlennost' razrabotok po regulyarnym perekrestnotochnym nasadkam uchenymi Ufimskogo gosudarstvennogo neftyanogo tekhnicheskogo universiteta [Results of industrial implementation of regular cross-flow packing developments by scientists of Ufa State Petroleum Technological University]. *Neftegazovoe delo* [Oil and Gas Business], 2007, pp. 1–11. (In Russ.)

[8]. Babkin V. A. et al. Uvelichenie energoeffektivnosti v protsesse atmosfernoy peregonki nefti [Energy efficiency improvement in crude oil atmospheric distillation process]. *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta* [Bulletin of the Tomsk Polytechnic University], 2014, vol. 325, no. 3, pp. 56-63. (In Russ.)

[9]. Buckley P. S., Luyben W. L., Shunta J. P. Design of distillation column control systems. United States of America: Edward Arnold, 1985, 529 p.

[10]. Ulyanov D. V. Sposob upravleniya rektifikatsionnoy kolonnoy vydeleniya izopentana [Method for controlling isopentane separation distillation column]. *Mezhdunarodnyy nauchnyy zhurnal "Innovatsionnaya nauka"* [International Scientific Journal "Innovative Science"], 2023, no. 4-2, pp. 50-55. (In Russ.)

[11]. Kister H. Z. *Distillation Troubleshooting*. Translated from English by N. Yu. Belokon, O. F. Glagoleva. St. Petersburg: TsOP "Professiya", 2019, 784 p. (Russ. ed.)

[12]. Lieberman N. P. *Troubleshooting Process Plant Control*. United States of America: PennWell Publications, 2017, 320 p.

[13]. Bozhenkov G. V. et al. Issledovanie i optimizatsiya raboty bloka razdeleniya pryamogonnoy nafty ustanovki izomerizatsii OAO "ANKhK" [Research and optimization of straight-run naphtha separation unit operation at isomerization plant of ANKhK]. *Mir nefteproduktov. Vestnik neftyanykh kompaniy* [World of petroleum products. Bulletin of oil companies], 2014, no. 9, pp. 11-15. (In Russ.)

[14]. Digo G. B. et al. Issledovanie modeley virtual'nykh analizatorov massoobmennogo tekhnologicheskogo protsessa rektifikatsii [Study of virtual mass transfer process rectification analyzer models]. *Informatika i sistemy upravleniya* [Computer science and

management systems], 2011, no. 4, pp. 17-27. (In Russ.)

[15]. Ermolenko A. D. et al. Proektirovanie sistem avtomatizatsii protsessov neftegazopererabotki [Designing automation systems for oil and gas processing processes]. St. Petersburg: TsOP "Professiya" Publ., 2017, 272 p. (In Russ.)

[16]. Kondrashov S. N., Burdin I. S. Sistema nepreryvnoy identifikatsii i upravleniya kachestvom produktov pervichnoy pererabotki nefti [Continuous identification and quality control system for primary oil refining products]. *Vestnik PNI-PU. Khimicheskaya tekhnologiya i biotekhnologiya* [PNRPU Bulletin. Chemical Technology and Biotechnology], 2016, no. 4, pp. 27–42. (In Russ.)

DOI: 10.15593/2224-9400/2016.4.02

Medvedev I. S. — Expert in the Field of Bromine Technology, LLC «Irkutsk Chemical Company» (Dekabr'skikh Sobytii St., 29, Irkutsk, 664007, Russian Federation).

Dyachkova S. G. — Dr. Sc. (Chem.), Professor, Department of Chemical Technology named after N. I. Yaropolov, Irkutsk National Research Technical University (Lermontov str., 83, 664074, Irkutsk, Russian Federation).

Просьба ссылаться на эту статью следующим образом:

Повышение эффективности работы колонны атмосферной перегонки нефти за счет контроля избыточного испарения в трубчатой печи / И. С. Медведев, С. Г. Дьячкова // Промышленные процессы и технологии. 2025. Т. 5. № 2(16). С. 95 – 105.

DOI: 10.37816/2713-0789-2025-5-2(16)-95-105

Please cite this article as:

Medvedev I. S., Dyachkova S. G. Improving the efficiency of the atmospheric distillation column by controlling excess evaporation in the tube furnace. Industrial processes and Technologies, 2025, vol. 5, no. 2(16). pp. 95 – 105.

DOI: 10.37816/2713-0789-2025-5-2(16)-95-105