

ХИМИЧЕСКОЕ **8/2006** И НЕФТЕГАЗОВОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ
МЕЖДУНАРОДНЫЙ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ
И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ
ЖУРНАЛ
ИЗДАЕТСЯ
с 1932 года

ЖУРНАЛ
ПЕРЕИЗДАЕТСЯ
НА АНГЛИЙСКОМ ЯЗЫКЕ
ПОД НАЗВАНИЕМ
«CHEMICAL
AND PETROLEUM
ENGINEERING»

Четвертая Международная
конференция по газоочистке
«ЭкоРос-2006»
21–23 ноября 2006 г.
г. Москва, ОАО «НИИОГАЗ»

Посвящается
75-летию
ОАО «НИИОГАЗ»

Адрес: 117105, Москва, Россия, 1-й Нагатинский проезд, д. 6.
Телефоны: (495) 111-24-19, 111-22-69, 111-03-05, 111-50-18
Факс: (495) 111-00-67 E-mail: niogas@tst.ru, URL: www.niogas.ru



Модернизация ректификационных колонн установок первичной перегонки ООО «ПО «Киришинефтеоргсинтез»

Первичная перегонка нефти в ООО «ПО «Киришинефтеоргсинтез» осуществляется на четырех типовых установках: ЭЛОУ-АТ-1, ЭЛОУ-АВТ-2, ЭЛОУ-АТ-6 и ЭЛОУ-АВТ-6 производительностью соответственно 1,5; 2,8; 8,0 и 8,0 млн. т нефти в год. Установки введены в эксплуатацию в 1966–1971 гг.

В соответствии с технологической схемой атмосферного блока этих установок (рис. 1) из верхней части колонн К-1 и К-2 отбирается бензин — два потока, которые далее смешиваются и направляются в блок стабилизации и вторичной перегонки. Нефтепродукты через боковые отводы атмосферной колонны выводятся в установки гидроочистки либо используются в качестве прямогонных компонентов товарных топлив. Дизельные фракции установок ЭЛОУ-АТ-1, ЭЛОУ-АВТ-2 и ЭЛОУ-АВТ-6 являются также сырьем установок «Парекс-1,2». Мазут из установок АТ направляется в товарный цех, из установок АВТ — в вакуумные блоки.

В состав всех установок включены блоки стабилизации и вторичной ректификации бензинов (рис. 2), предназначенные для удаления из широкой бензиновой фракции, отбираемой из верхней части колонн К-1 и К-2, легкокипящих компонентов (прямогонных бензиновых фракций — ПБФ) и последующего разделения стабилизата на узкие бензиновые фракции — сырье для получения товарного бензина и ароматических углеводородов.

В вакуумных блоках установок АВТ-2 и АВТ-6 (рис. 3) получают гудрон — сырье битумных установок, легкий вакуумный газойль — компонент дизельного топлива, тяжелый вакуумный газойль — сырье каталитического крекинга или компонент котельного топлива.

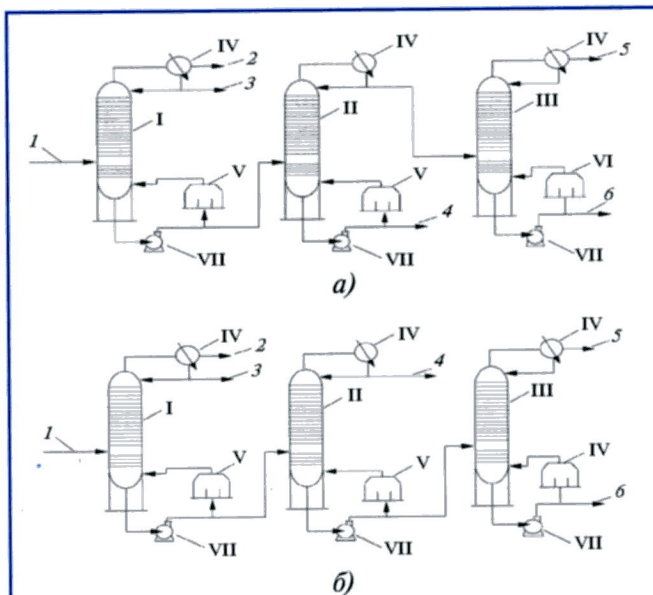


Рис. 2. Принципиальная технологическая схема блока стабилизации и вторичной ректификации бензинов:

a — установок АТ-1, АТ-6; *б* — установок АВТ-2 и АВТ-6: I — колонна стабилизации; II, III — колонны вторичной перегонки; IV — холодильники; V — печи; VI — нагреватель; VII — насосы; 1 — нестабильный бензин, фракция НК-180 °С; 2 — ПБФ на газодиффузионную установку (ГДУ); 3 — бензин, фракция НК-180 °С; 4 — головка, фракция НК-62 °С; 5 — бензол, фракция 62–85 °С

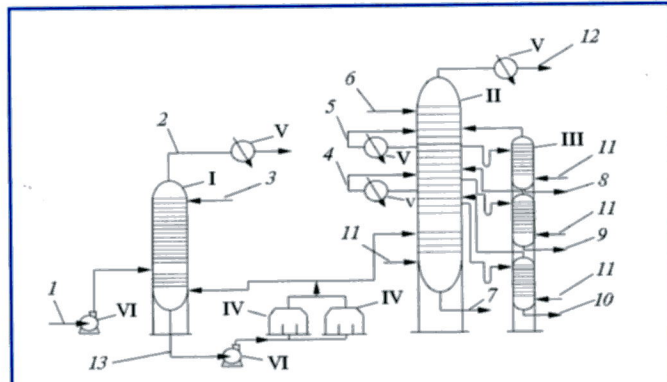


Рис. 1. Принципиальная технологическая схема атмосферного блока, входящего в состав установок первичной переработки нефти:

I — отбензинивающая колонна К-1; II — атмосферная колонна К-2; III — отпарные колонны; IV — печи; V — холодильники; VI — насосы; 1 — нефть; 2 — бензин; 3, 6 — орошение; 4, 5 — первое и второе циркуляционное орошение (ЦО); 7 — мазут; 8 — керосиновая фракция 140–220 °С; 9, 10 — дизельные фракции 220–280 °С, 280–360 °С; 11 — водяной пар; 12 — бензин; 13 — отбензиненная нефть

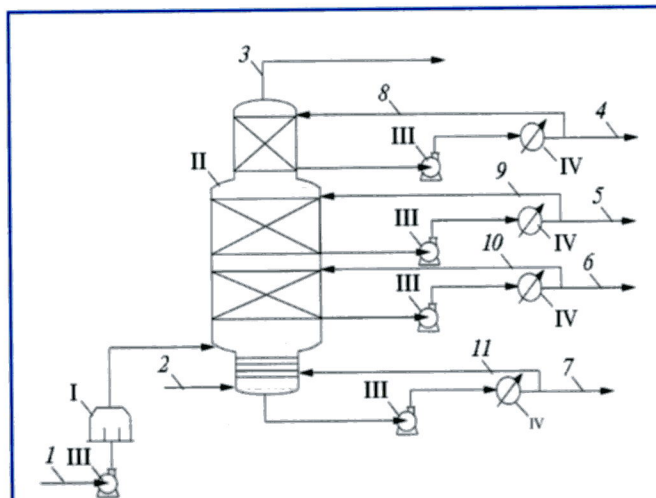


Рис. 3. Принципиальная технологическая схема вакуумного блока установок АВТ-2 и АВТ-6:

I — печь; II — вакуумная колонна; III — насосы; IV — теплообменники; 1 — мазут; 2 — водяной пар; 3 — газы разложения; 4 — I ВП (ЛВГО); 5 — II ВП (ТВГО); 6 — III ВП (затемненная фракция); 7 — гудрон; 8, 9, 10 — первое, второе, третье ЦО; 11 — «квенч»

В середине 90-х годов прошлого века возникла необходимость производства моторных топлив европейского качества, для чего потребовалось применение новых катализаторов в процессах риформинга бензинов и изомеризации, депарафинизации и гидрообессеривания дизельных дистиллятов. В связи с этим изменились и требования, предъявляемые к составу целевых фракций, выводимых из установок первичной перегонки нефти. Проведенный анализ показал, что во фракциях, выводимых из блоков вторичной ректификации бензинов (НК*–62 °С, 62–85 °С, 85–180 °С), содержится большое количество «балластных» компонентов, отрицательно влияющих на эксплуатационные характеристики катализаторов риформинга: уменьшается выход высокооктановых компонентов; сокращается межрегенерационный цикл работы катализатора; в отдельных случаях исключается возможность применения современных катализаторов низкотемпературной изомеризации. При этом характерно, что компоненты, которые являются «балластными» в одной из указанных выше фракций, относятся к ценным составляющим сопряженных по фракционному составу целевых фракций.

Фракции тяжелых дизельных дистиллятов (280–360 °С) из-за низкого качества (цвет, содержание смол) обычно не использовались как сырье процессов гидроочистки и депарафинизации дизельных фракций, а использовались как компоненты котельного топлива.

Содержание в мазуте фракций, выкипающих до 360 °С, составляло 7–8 % (об.), а при максимальных нагрузках установок по нефти увеличивалось до 10–12 % (об.), что приводило к нерациональному потерям дизельных фракций для выработки моторных топлив. Низкое качество (по фракционному составу) указанных фракций — следствие нечеткости погоноразделения колонных аппаратов. Улучшить их работу изменением технологических параметров (флегмового числа, парового числа, давления, температуры ввода сырья и т.д.) не удавалось.

Проведенное специалистами ООО «ПО «Киришинефтеоргсинтез» моделирование существующих параметров работы колонного оборудования показало, что неудовлетворительная работа колонного оборудования обусловлена низким КПД установленных в колоннах контактных устройств (тарелок).

Причины низкой эффективности тарелок:

1. Изначально при проектировании колонного оборудования для первичной перегонки нефти были предусмотрены контактные устройства (тарелки) с одинаковым по всей высоте колонны «живым» сечением в соответствии с нормами [1–3]. В настоящее время это оборудование работает уже на другом сырье, с другой производительностью и к качеству получаемых продуктов предъявляются другие требования, что определяет совершенно другие величины жидкостных и паровых потоков внутри колонн, которые по высоте колонн меняются в очень широких пределах.

Например, в основной атмосферной фракционирующей колонне К-2 паровой фактор в ее отпарной части в 10 раз меньше, чем в зонах циркуляционных орошений, и в 9 раз выше, чем на тарелках, расположенных непосредственно над зоной ввода сырья в колонну. Как следствие этого, при использовании тарелок с одинаковым «живым» сечением по всей высоте колонн в некоторых колоннах или в отдельных секциях колонн тарелки оказывались перегруженными или недогруженными либо по жидкости, либо по пару. При этих условиях тарелки работали вне зоны устойчивых и эффективных нагрузок, что приводило к резкому снижению эффективности их работы.

*НК — низкокипящие компоненты.

Устранить этот недостаток в большинстве случаев возможно только при оптимальном перераспределении площади всех тарелок для прохода пара и жидкости по высоте колонного аппарата.

2. Снижение эффективности работы тарелок в некоторых случаях объясняется физическим износом их полотен вследствие коррозионного воздействия агрессивных сред и несоблюдения требований к точности установки.

3. Неудачные конструкции узлов ввода сырья, горячей струи, ввода и вывода циркуляционного орошения также снижают общую эффективность работы колонн.

Причина неудовлетворительной работы вакуумных колонн установок ЭЛОУ АВТ-6 и ЭЛОУ АВТ-2 — использование в качестве контактных устройств клапанно-прямоточных и желобчатых тарелок. Из результатов расчета данных колонн следует, что для получения гудрона и вакуумных фракций требуемого качества при остаточном давлении в верхней части колонны 50 мм рт. ст. с подачей в нижнюю часть колонны водяного пара необходимо, чтобы общее гидравлическое сопротивление контактных устройств в укрепляющей части колонн составляло порядка ~10 мм рт. ст., а эффективность их работы соответствовала восьми теоретическим тарелкам. Известные контактные устройства тарельчатого типа такого низкого гидравлического сопротивления обеспечить не могут. Данную задачу можно решить только с использованием современных высокоэффективных регулярных насадок с низким гидравлическим сопротивлением.

В 1996 г. в ООО «ПО «Киришинефтеоргсинтез» была разработана и принята программа модернизации внутренних устройств всего колонного оборудования установок первичной переработки нефти, рассчитанная на 8 лет и предусматривающая:

- обеспечение высокой четкости погоноразделения между бензиновыми, керосиновыми и дизельными фракциями;
- повышение качества (снижение содержания «балластных» компонентов) фракций, являющихся сырьем вторичных процессов;
- увеличение отбора «светлых» продуктов (фракция < 360 °С) за счет снижения их содержания в мазуте;
- обеспечение требуемого качества гудрона — сырья для получения высококачественных битумов;
- повышение качества вакуумных погоннов.
- снижение удельных энергозатрат при перегонке обессоленной нефти.

Работы по модернизации колонного оборудования, включая проектирование и поставку оборудования, были поручены фирме «ПИРО» (г. Москва), которая выполнила технологический и гидравлический расчеты всех колонн для каждой технологической установки.

Из результатов расчетов следует:

1. Использование для модернизации атмосферных колонн и колонн, работающих под избыточным давлением, высокоэффективных клапанных трапециевидных тарелок с оптимальным «живым» сечением для прохода пара и жидкости в каждом конкретном сечении колонны позволит получать нефтепродукты требуемого качества при требуемой производительности в существующих корпусах колонн.

2. Использование для модернизации вакуумных колонн в качестве контактных устройств высокоэффективных регулярных насадок с низким гидравлическим сопротивлением (для колонны К-10 — насадка «Ваку-пак», для колонны К-5 — «ПИРО-Х-60» [4]) позволит получать гудрон и вакуумные газойли требуемого качества при заданной производительности в существующих корпусах вакуумных колонн.

На основании полученных результатов были разработаны технические задания на модернизацию внутренних устройств колонных аппаратов.

Техническая документация на замену внутренних устройств и технические проекты на изготовление заменяемых по причине отбраковки корпусов колонн (стрипинги К-3/1,3, К-3/2 и стабилизатор К-4 установки ЭЛОУ-АТ-1; колонна К-2 и стрипинги К-6,7 установки ЭЛОУ-АТ-6, стрипинг К-6 установки ЭЛОУ-АВТ-6) были разработаны ЗАО «ПИРО», которое также осуществляло поставку внутренних устройств, включая приварные и опорные элементы тарелок, полотна тарелок, узлы ввода и т.д. В случае замены корпуса аппаратов ЗАО «ПИРО» поставляло только съемные элементы, полотна тарелок.

Замена внутренних устройств колонного оборудования проводилась в период капитальных ремонтов установок первичной переработки нефти в 1996–2004 гг.

Всего в 32 аппаратах колонного типа было смонтировано 290 т конструкций внутренних устройств из коррозионно-стойкой стали и 164 т — из углеродистой стали.

Анализ работы установок первичной перегонки нефти показал, что после модернизации колонных аппаратов были достигнуты все проектные показатели (производительность, качество получаемых продуктов, удельные энергозатраты).

Фактические данные по остаточному содержанию «светлых» компонентов в мазуте и по углеводородному составу целевых фракций сырья вторичных процессов приведены на рис. 4 и в таблице.

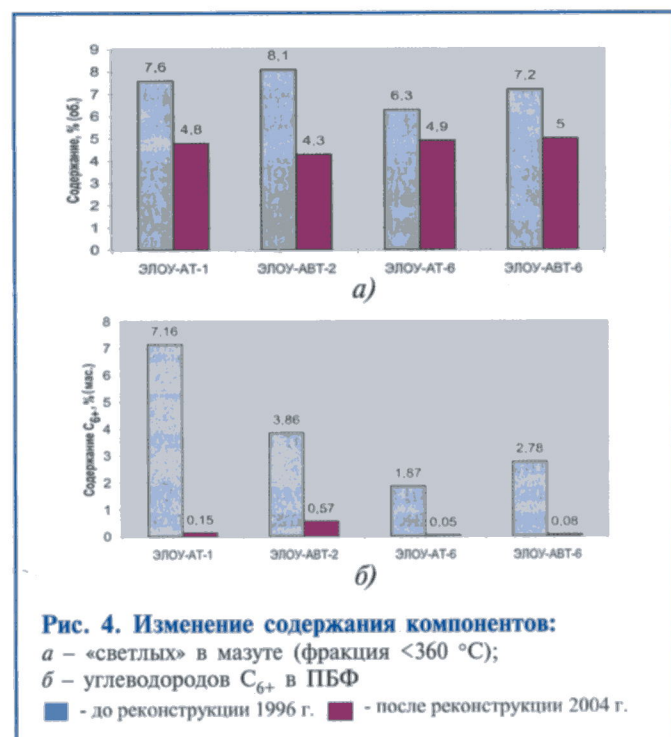


Рис. 4. Изменение содержания компонентов:

а — «светлых» в мазуте (фракция <math><360\text{ }^\circ\text{C}</math>);

б — углеводородов C_{6+} в ПБФ

■ - до реконструкции 1996 г. ■ - после реконструкции 2004 г.

Установка Технологический процесс	Содержание «балластных» компонентов в целевых фракциях, % (мас.)	
	до реконструкции	после реконструкции
Л-35-11/300 Низкотемпературная изомеризация (фракция НК-62 °С)	15,5 (<math><C</math>) 7,41 ($>C$)	3,1 (<math><C</math>) 0,3 ($>C$)
ЛГ-35-8/300Б Бензольный риформинг (фракция 62–85 °С)	14,7 (<math><C</math>) 2,3 ($>C$)	9,9 (<math><C</math>) 0,3 ($>C$)
ЛЧ-35-11/1000 Риформинг бензина широкой фракции (фракция 85–180 °С)	10,5 (углеводороды) $t_{\text{кип}} < 72\text{ }^\circ\text{C}$	2,7 (углеводороды) $t_{\text{кип}} < 72\text{ }^\circ\text{C}$

Определена эффективность от снижения количества «балластных» компонентов в целевых фракциях первичной переработки:

- уменьшение затрат на процесс газодифракционирования на ГФУ до 7860 т/год;
- увеличение октанового числа изомеризата на установке изомеризации бензина (фракция НК-62 °С) более чем на 13 пунктов и увеличение выхода катализата на сырье до 98 % при применении нового катализатора СИ-2, обеспечивающего работу при температуре $T = 130\text{ }^\circ\text{C}$ без высококипящих компонентов в сырье (содержание C_{7+} не более 1 %);
- увеличение выработки товарного бензола на установке бензольного риформинга от 130 до 180 т/сут за счет максимального уменьшения доли бензолобразующих компонентов во фракциях НК-62 °С и 85–180 °С и увеличения ее во фракции 62–85 °С;
- повышение четкости разделения между бензольной фракцией 62–85 °С и широкой бензиновой фракцией 85–180 °С привело к повышению экономической эффективности эксплуатации бензинового риформинга в результате увеличения межрегенерационного цикла катализатора до 2,5 лет и снижению энергозатрат вследствие уменьшения в сырье риформинга «балластных» фракций, выкипающих до температуры 80 °С (их ароматизация затруднена, а повышенное содержание приводит к увеличению газообразования и снижению выхода катализата);
- увеличение количества прямогонного дизельного топлива за счет снижения количества «светлых» компонентов в мазуте до 100 тыс. т/год.

Модернизация внутренних устройств колонн атмосферных блоков установок наряду с работами по подбору оптимальных режимов позволила увеличить содержание в целевой фракции (200–300 °С) н-парафинов $\text{C}_{10} - \text{C}_{13}$ от 40 до 50 %.

В результате проведенной реконструкции вакуумных колонн установок ЭЛОУ-АВТ-2 и ЭЛОУ-АВТ-6 содержание фракции <math>< 500\text{ }^\circ\text{C}</math> в гудроне снизилось до 6–8 % (об.), что позволило сократить время окисления гудрона на битумных установках и получать битумы с улучшенными свойствами. В результате изменения основных свойств легкого вакуумного газойля (фракционный состав, температура застывания, цвет) его можно использовать как компонент летнего дизельного топлива (сырье установки гидроочистки дизельного топлива). Высокое качество выводимого с установок вакуумного газойля позволяет использовать его в качестве сырья каталитического крекинга.

Результаты проведенного экономического расчета на основе перечисленных фактов показывают, что только вследствие уменьшения количества «балластных» компонентов в целевых фракциях, выводимых с установок первичной переработки нефти, и снижения содержания «светлых» компонентов в мазуте срок окупаемости капитальных затрат на замену внутренних устройств колонного оборудования не превышает 4 месяца.

Список литературы

1. **Отраслевая** нормаль ОН-26-02-29-66. Тарелки ректификационные клапанные прямоточные. Конструкция и основные размеры.
2. **Отраслевая** нормаль Н 939-61. Тарелки ректификационные с S-образными элементами односливные и двухсливные. Параметры и основные размеры. Технические требования.
3. **Отраслевая** нормаль. Тарелки желобчатого типа из углеродистой и легированных сталей для ректификационных колонн и аппаратов колонного типа. Основные размеры. Технические условия.
4. **Пат. РФ № 2184606**. Блок структурированной насадки для тепло-массообменных аппаратов. Опубл. 10.07.2002.