

бригаде по максимальному значению накопленной прибыли производства.

На графике зависимости накопленной прибыли производства от темпа замены (рис. 3) по оси абсцисс откладывается темп замены, по оси ординат – накопленная прибыль. Кривая построена для оптимального периода замены. Из графика можно сделать вывод о целесообразном темпе замены по максимальному значению накопленной прибыли.

Выводы

Достоинствами модели являются:

- возможность исследования влияния параметров процесса замены на результаты моделирования;
- возможность получения рекомендаций по оптимальным значениям параметров.

Полученная модель представляет интерес с точки зрения процесса принятия решений. С ее помощью

можно рассматривать различные ситуации, создаваемые варьированием входных параметров модели (числа привлекаемых рабочих, оплаты труда рабочих, производительности станков, ценой продукции, и т.д.). Модель может служить также и для поддержки принятия решений в задаче последовательной замены оборудования производства, обеспечивая прогнозирование стратегии реорганизации с наибольшей экономической выгодой.

Список литературы

1. Трахтенгерц Э.А. Компьютерная поддержка принятия решений: Научно-практическое издание. Серия "Информатизация России на пороге XXI века". – М.: СИНТЕГ, 1998. – 376 с.
2. Труб И.И. Объектно-ориентированное моделирование на C++: Учебный курс. – СПб.: Питер, 2006. – 411 с.
3. Кирьянов Д.В. Самоучитель Mathcad 13.- СПб.: БХВ-Петербург, 2006.

Древс Юрий Георгиевич – д-р техн. наук,

проф. Московского инженерно-физического института (государственного университета),

Лыков Олег Михайлович – аспирант кафедры "Автоматизированные системы обработки информации и управления" Сургутского государственного университета.

Контактный телефон +7 (3462) 68-66-69. E-mail: ydrevs@yandex.ru, oleg_privatno@mail.ru

ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОТЫ КОЛОННЫ ВЫДЕЛЕНИЯ БЕНЗОЛА

Д.А. Смирнова, В.И. Федоров, Н.В. Лисицын (СПбГТИ (ТУ))

Рассматривается управление работой колонного аппарата разделения на действующем нефтеперерабатывающем заводе. Предложены пути повышения эффективности процесса четкой ректификации бензола и толуола. В помощь операторам технологической установки разработан алгоритм определения оптимальных параметров регулирования. Применение полученных результатов позволило стабилизировать ТП и обеспечить бесперебойную выработку продукции нормативного качества.

Ключевые слова: бензол, четкость ректификации, оптимальная температура, виртуальный анализатор.

Одним из основных продуктов нефтехимии является бензол. Он входит в состав бензина, широко применяется в промышленности, является исходным сырьем для производства лекарств, различных пластмасс, синтетической резины, красителей. Бензол содержится в сырой нефти, однако в промышленных масштабах он по большей части синтезируется из других углеводородов. С каждым годом растет общий объем потребления бензола, как ключевого соединения органического синтеза. Одновременно с этим ужесточаются требования к автомобильным топливам по содержанию в них аренов в целом и бензола в частности. В связи с этим актуальна задача повышения эффективности процессов производства бензола из нефтяного сырья, позволяющих одновременно получать ценный продукт для органического синтеза и компоненты топлив в соответствии с европейскими стандартами качества.

Цель представленной работы заключается в выработке рекомендаций, позволяющих устанавливать оптимальные параметры для поддержания штатного режима работы промышленного объекта и прогнозировать наступление предаварийных состояний. В качестве объекта управления рассматривается процесс четкой ректификации бензола и толуола, осуществ-

ляемый на действующем нефтеперерабатывающем заводе, на установке бензольного риформинга [1].

На установку подается сырье различного состава. Помимо основного компонента – бензиновой фракции 62...105°C – на смешение в блок риформинга могут подаваться полупродукты комплекса орто-пара-ксилолов – доксилольная и бензолсодержащая фракции. Первая содержит преимущественно толуол (в количестве до 35 % масс), вторая – бензол (до 40 % масс). Сырьем колонны выделения бензола является отделенный от воды экстракт ароматических углеводородов бензола и толуола с незначительной примесью изомеров ксилолов. Соотношение же бензола и толуола в потоке колеблется в диапазоне 1,1...2.

Процесс проводится в ректификационной колонне. В качестве верхнего продукта получается товарный бензол, в качестве нижнего – смесь толуола и углеводородов C8 (ксилолы и этилбензол). Управление процессом осуществляется путем изменения расхода подачи горячей струи в низ колонны и острого холодного орошения на верхнюю тарелку. Регулировка производится по температуре на контрольной тарелке 22. Принципиальная схема управления процессом с использованием математической модели приведена на рисунке 1.

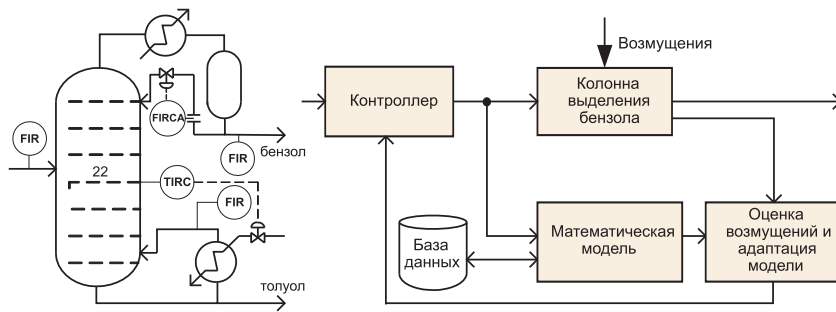


Рис. 1. Структура системы управления колонной выделения бензола

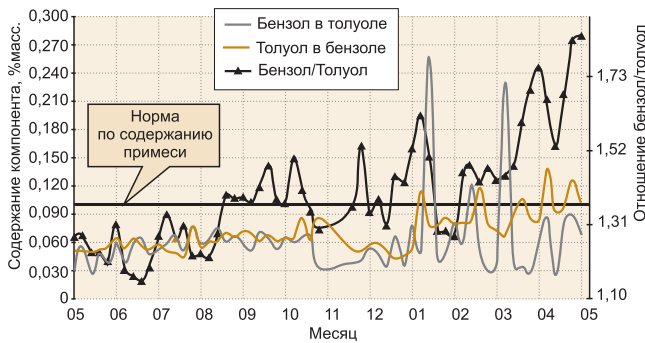


Рис. 2. Изменение качества продукции

Режим работы колонны необходимо устанавливать таким образом, чтобы качество получаемой продукции соответствовало нормам технологического регламента ($\leq 0,10\%$ масс толуола в товарном бензоле и $\leq 0,10\%$ масс бензола в товарном толуоле на последующей стадии разделения).

В ходе эксплуатации наблюдались периодические нарушения качества получаемой продукции, вызванные, предположительно, неточностью задания на регуляторы колонны. Имело место несоблюдение нормы как по содержанию толуола в верхнем продуктивном потоке колонны, так и бензола – в нижнем (рис. 2). По результатам мониторинга качества продукции в совокупности с режимами работы аппарата и параметрами сырья установлено, что величина содержания примесей в продуктивных потоках согласуется с изменениями состава сырья, поступающего в колонну.

Поскольку блок вторичной ректификации, в который входит рассматриваемая колонна, соединен с другими объектами жесткими связями без промежуточных емкостей, входящие параметры сырья следует расценивать как внешние возмущения и соответствующим образом реагировать на их изменения. Установлено, что нарушения в работе колонны и, как следствие, брак продукции, наблюдались при повышении доли бензола в поступающем сырье (рис. 2).

Для анализа имеющихся данных и выработки соответствующих рекомендаций в рамках исследования разработана математическая модель колонны, основанная на стандартной методике потарелочного расчета [2]. Точность описания, установленная на основе сравнения расчетных и фактических данных, составляет $\geq 97\%$ [3]. При помощи модели вычислены расходы паровых потоков на тарелке по высоте колонны. Установлено,

что максимальная паровая нагрузка приходится на вторую тарелку сверху.

Произведено ранжирование режимных параметров по степени их влияния на качество получаемой продукции. Помимо расхода парового потока на второй сверху тарелке значимыми оказались показатели – расход бензола в сырье (определялся обратным счетом по показаниям прибора на линии продуктового потока), температура в рефлюксной емкости шлемовой

части колонны (учитывается разность между температурами на верхней тарелке и в потоке острого орошения, поступающего из емкости). Перечисленные величины входят в уравнение теплового баланса на второй тарелке, из которого была получена зависимость (1) для расчета оптимального расхода острого орошения на верхнюю тарелку колонны [4]:

$$F_{\text{орошение}} = \frac{F_{\text{пар2}} - F_{\text{бензол}}}{1 + \frac{\tilde{C}_p \Delta T}{\lambda}} \approx \frac{32,4 - F_{\text{бензол}}}{1 + 4,65 \cdot 10^{-3} \Delta T - 6 \cdot 10^{-6} \cdot \Delta T^2}, \quad (1)$$

где $F_{\text{бензол}}$ – расход бензола, т/ч; $F_{\text{пар2}}$ – расход парового потока на тарелке 2, определяемый из модели, т/ч, $\Delta T = T_2 - T_{\text{рефлекс}} \approx 85 - T_{\text{рефлекс}}$, °С, причем T_2 соответствует температуре фазового перехода жидкость-пар для смеси компонентов на тарелке 2 при заданном давлении; в базовом режиме $T_2 = 86^\circ\text{C}$; \tilde{C}_p – средняя изобарная теплоемкость, Дж/(кг·град); γ – коэффициент теплопроводности, Вт/(м·град).

Снижение температуры потока дистиллята перед входом в рефлюксную емкость обеспечивается работой аппарата воздушного охлаждения и в летнее время в условиях высоких температур воздуха вызывает определенные сложности в эксплуатации установки. Значение данного параметра в качестве поправки учитывается в зависимости (1). Расход парового потока и температура на верхней тарелке зафиксированы на уровне значений, показанных в штатном режиме работы, при котором качество продуктивных потоков со значительным запасом соответствовало регламентным нормам. Данный режим является базовым.

Была выдвинута гипотеза о том, что сохранение постоянной паровой нагрузки является одним из необходимых условий соблюдения ограничений по содержанию примесей в потоках при изменении параметров сырья. Таким образом, в соответствии с зависимостью (1) обеспечение постоянной паровой нагрузки возможно путем варьирования расхода потока острого орошения сообразно изменениям условий окружающей среды и характеристикам сырья.

Вторым параметром управления колонной выделения бензола является расход потока горячей струи на нижнюю тарелку колонны. В систему управления вво-

дятся значения температур на тарелках 17 и 27, тогда как задание на регулятор устанавливается в ручном режиме согласно значениям температуры на тарелке 22, причем непрерывный контроль температуры на тарелке 22 не производится. Для сравнительной оценки степени информативности указанных параметров о состоянии процесса для каждой из рассматриваемых тарелок была определена рабочая область, которая характеризует диапазон температур, позволяющих получать продукцию нормативного качества (рис. 3).

Было также проведено исследование работы колонны в штатном режиме для различного состава сырья (диапазон изменения соотношения бензол/толуол 1,2...2,0). Показано, что наибольшее значение ширины рабочей области температур имеет место для тарелки 17 (рис. 4). Отсюда следует, что в качестве контрольной тарелки целесообразно использовать тарелку 17. Однако выполнить переключение системы с одной контрольной тарелки на другую в условиях действующего непрерывного производства до плановой остановки возможным не представляется. Этот факт обуславливает необходимость разработки дополнительных мероприятий по управлению процессом не только для рекомендованной, но и для существующей схемы управления.

В результате обработки экспериментальных данных для существующих диапазонов изменения параметров была получена зависимость оптимального значения температуры на тарелке 22 от загрузки, качества сырья с учетом поправок на давление (2):

$$T_{22}^{опт} = 105,33 + 0,47 \cdot (Z - 17) - 1,55 \cdot (B - 10), \quad (2)$$

где Z – общая загрузка, т/ч; B – загрузка по бензолу, т/ч.

Изменения значений температур в форме графика изолиний представлены на рис. 5.

Аналогичные расчеты проведены для рекомендуемой тарелки 17. При этом зависимость (2) принимает вид:

$$T_{22}^{опт} = 113,42 + 0,47 \cdot (Z - 17) - 1,36 \cdot (B - 10),$$

Результаты расчетов были проверены на действу-

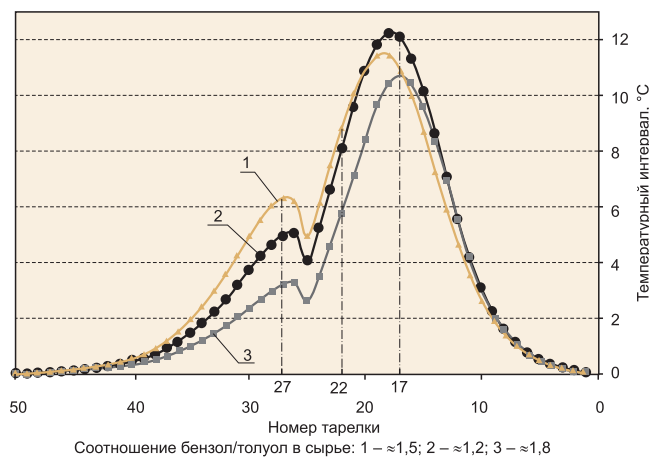


Рис. 4. Зависимость допустимого диапазона температур от номера тарелки

ющей установке в течение 10 дней на сырье различного состава (в ходе опытного пробега соотношение бензол/толуол изменялось в диапазоне 1,0...1,6).

Показатели качества продукции при работе на испытанных режимах достигли ожидаемых значений – содержание толуола в товарном бензоле снизилось с величины примерно 0,06% масс до уровня около 0,03 % масс, что соответствует марке "высшая очистка". При этом качество толуола осталось в рамках регламентных ограничений (рис. 6).

Алгоритм определения параметров регулирования включает корректировку значения температуры на контрольной тарелке по давлению в системе (3), необходимость которой обусловлена линейной зависимостью указанных величин.

$$\Delta T_{22} = \frac{0,1 \text{ } ^\circ\text{C}}{0,02 \text{ кгс/см}^2} \cdot \Delta P, \quad (3)$$

где ΔP – разница между базовым значением и реальным давлением в колонне.

По результатам опытного пробега показано:

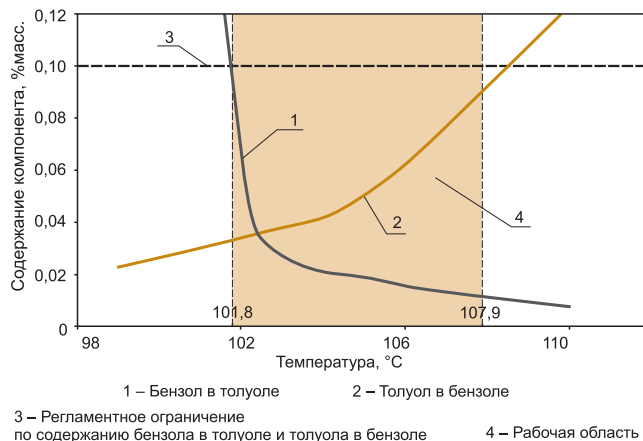


Рис. 3. Зависимость качества продуктов от температуры на тарелке 22

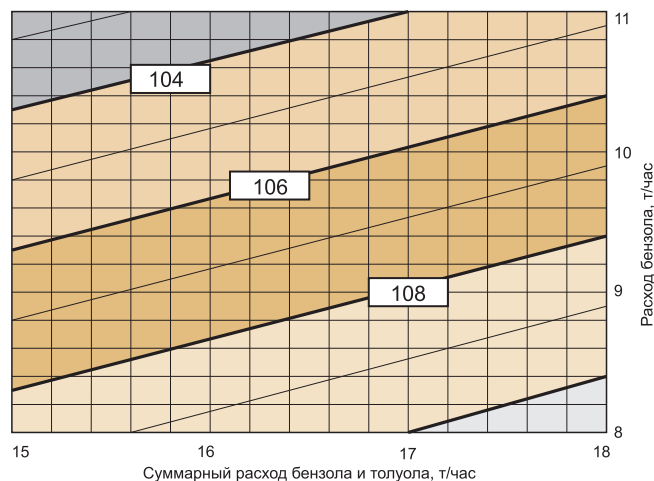


Рис. 5. Изменение значения оптимальной температуры для 22-й тарелки

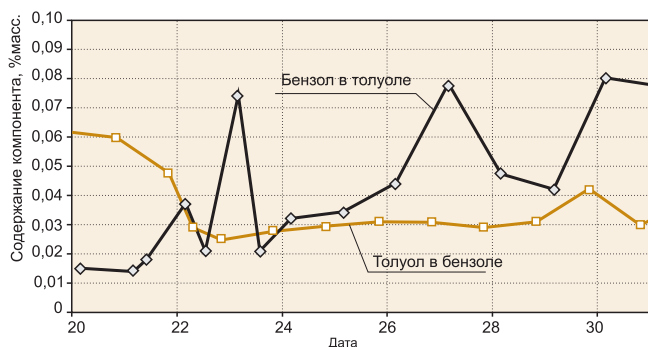
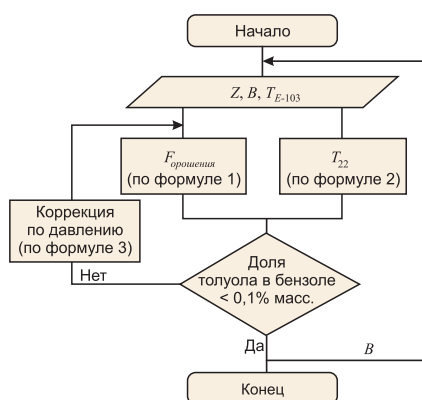


Рис. 6. Алгоритм оптимизации процесса и результаты опытного пробега

- коррекция режима колонны выделения бензола с помощью выработанных рекомендаций позволяет обеспечить стабильную работу с получением продукции постоянного качества в рамках действующих регламентных норм;

- при условии использования имеющегося оборудования существует возможность повышения четкости ректификации в колонне вплоть до получения бензола с чистотой 99,9 % масс и выше.

Кроме того, следует отметить, что при регулировании температурного профиля колонны по контрольной тарелке 22 наблюдались колебания значений температуры на тарелке 17 в широких пределах (до 8 °С), что подтверждает низкую точность используемого аналогового прибора. Рекомендуются перенести регулирование с аналогового прибора (тарел-

ка 22) на термопару, включенную в распределенную систему управления (тарелка 17), что снизит инерционность управления и гарантирует стабильность работы колонны за счет повышения точности задания.

По окончании опытного пробега значения температуры по всему профилю колонны были снижены по сравнению с предыдущими периодами, в частности, температура на контрольной тарелке 17 продолжает поддерживаться в пределах 112...115 °С против 116...118 °С до проведения эксперимента. При этом качество выпускаемой продукции остается неизменно высоким.

Отдельные нарушения показателей качества, имевшие место после окончания испытаний, были вызваны сбоями вспомогательного оборудования, не связанными с выбором режима работы блока.

В результате исследования получены следующие результаты:

- разработан комплекс мер по оптимизации режима работы колонны выделения бензола, гарантирующих получение продукции нормативного качества;
- опытным путем подтверждена возможность получения бензола более высокого качества марки "высшая очистка".

Наличие жестких технологических связей по материальным потокам между составными частями позволяет достаточно точно прогнозировать качество продуктов по косвенным показателям режимов на предыдущих переделах. Таким образом, появляется возможность своевременно корректировать задания на регуляторы сообразно изменению параметров сырья и произошедшим на предыдущих стадиях возмущениям. Разработка и внедрение виртуального анализатора состава потока сырья в колонну выделения бензола по косвенным показателям является логическим продолжением представленного исследования.

Список литературы

1. Баннов П.Г. Процессы переработки нефти. М.: 2001.
2. Кафаров В.В. Математическое моделирование основных процессов химических производств. М.: 1991.
3. Лисицын Н.В. Химико-технологические системы: оптимизация и ресурсосбережение. СПб: 2007.
4. Каханер Д. Численные методы и программное обеспечение. М.: 2001.

Смирнова Дарья Александровна – ассистент, *Федоров Владимир Иванович* – канд. техн. наук, доцент, *Лисицын Николай Васильевич* – д-р техн. наук, проф., заведующий кафедрой ресурсосберегающих технологий С.-Петербургского государственного технологического института (Технический университет).

Контактный телефон (812) 316-22-61. E-mail: darja@ntik.ru

АдАстра подписала договор с одной из крупнейших приборостроительных корпораций Китая

Компания AdAstra Research Group, Ltd (Россия, Москва) подписала OEM-договор с одной из крупнейших государственных приборостроительных корпораций Китая - Silian (г.Чунцин, КНР), согласно которому АдАстра разрабатывает специализированное ПО РВ класса softlogic – Micro TRACE MODE 6 для новейшей распределенной системы управления (PCU) Silian OMC-3B, а также предоставляет специальные условия для покупки других программных продуктов китайской версии интегрированной SCADA и Softlogic-системы TRACE MODE 6.

Основными отличительными свойствами PCU, разработанной Силяном и АдАстрой, являются высокая надежность, функцио-

нальность и умеренная цена. Система строится на базе резервированного PAC-контроллера Silian OMC-3B с троированной сетью Ethernet. ПО Micro TRACE MODE обеспечивает высокоскоростной опрос UCO, горячее резервирование, восстановление после сбоя и встроенный операторский интерфейс. Функция горячего резервирования Micro TRACE MODE позволяет переключить контроллер на резерв всего за 2 мс и синхронизировать данные за 20 мс. Поддерживается функция автоматического переключения сетевых адаптеров в случае разрыва сети.

[Http://www.adastra.ru](http://www.adastra.ru)