УДК 665.644.2

Б. З. Соляр, Л. Ш. Глазов, Е. А. Климцева, И. М. Либерзон, Е. П. Двуреков, О. Б. Алсеитов, А. А. Аникин

Модернизация оборудования реакторного блока каталитического крекинга установки КТ-1

Описана модернизация оборудования реакторного блока каталитического крекинга, позволившая существенно повысить технико-экономические показатели комбинированной установки КТ-1.

Ключевые слова:

каталитический крекинг, оборудование реакторного блока, прямоточный реактор, сырьевые форсунки, циклоны, эффективность пылеулавливания, бензиновая фракция.

Комбинированная установка КТ-1 эксплуатируется на Павлодарском нефтехимическом заводе (АО «ПНХЗ») с 1984 г. В ее составе секции вакуумной перегонки мазута, гидроочистки вакуумного газойля и каталитического крекинга (КК) гидроочищенного вакуумного газойля.

За более чем двадцатилетний период эксплуатации технология процесса и аппаратурное оформление реакторного блока КК не претерпели значительных изменений, главным образом в связи со снижением объема переработки нефти в АО «ПНХЗ» в середине 90-х годов.

Начиная с 2004 г. наметилась тенденция к повышению загрузки предприятия сырьем, что обусловило необходимость модернизации морально и физически устаревшего оборудования реакторного блока КК. На первом этапе было решено заменить устройство для ввода сырья в прямоточный реактор и циклоны реактора.

Первоначально ввод сырья осуществлялся через низконапорную многосопловую форсунку, установленную соосно с прямоточным реактором в его нижнем торцовом штуцере. Смешение сырья с регенерированным катализатором происходило в месте соединения катализаторопровода с прямоточным реактором. Недостатки такого устройства — интенсивное обратное перемешивание в зоне начального контакта сырья с катализатором и крупнодисперсное распыление сырья приводили к снижению скорости и глубины испарения сырья и ухудшению селективности образования целевых продуктов.

В новом устройстве для ввода сырья предусмотрено применение восьми радиальных сырьевых форсунок, устанавливаемых на несколько метров выше соединения катализаторопровода с прямоточным реактором, и паровой форсунки взамен старой сырьевой, располагавшейся в нижнем торцовом штуцере (**рис. 1**).

В нижней части прямоточного реактора регенерированный катализатор ускоряется водяным паром и транспортируется в восходящем потоке на смешивание с сырьем. Концентрация катализатора в этом потоке регулируется расходом водяного пара.

С одной стороны, она должна обеспечивать достаточное количество твердых частиц для интенсивного контактирования с каплями сырья и быстрого испарения последних, с другой, — не препятствовать равномерному распределению сырья по поперечному сечению прямоточного реактора. При новом конструктивном оформлении нижней части прямоточного реактора достигаются равномерное распределение и минимальное обратное перемешивание катализатора в зоне его начального контакта с сырьем.

Радиальные форсунки размещены равномерно по периметру прямоточного реактора под углом 30° к его вертикальной оси. Основными конструктивными элементами форсунок являются камера предварительного диспергирования сырья (диспергатор) и модифицированное сопло Вентури с щелевым распределительным наконечником*.

В камере осуществляются диспергирование сырья путем дробления жидкой струи под воздействием высокоскоростных струй водяного пара и однородное перемешивание жидкой и паровой фаз. Дополнительно сырье диспергируется в модифицированном сопле Вентури. Окончательное распыление сырья в поток катализатора происходит через щелевой наконечник, формирующий плоскую веерообразную струю.

Распределение скоростей потоков сырья и водяного пара по конструктивным элементам форсунок рассчитано так, чтобы при умеренном перепаде давления в форсунках обеспечива-

* Пат. 2078115 (Россия).

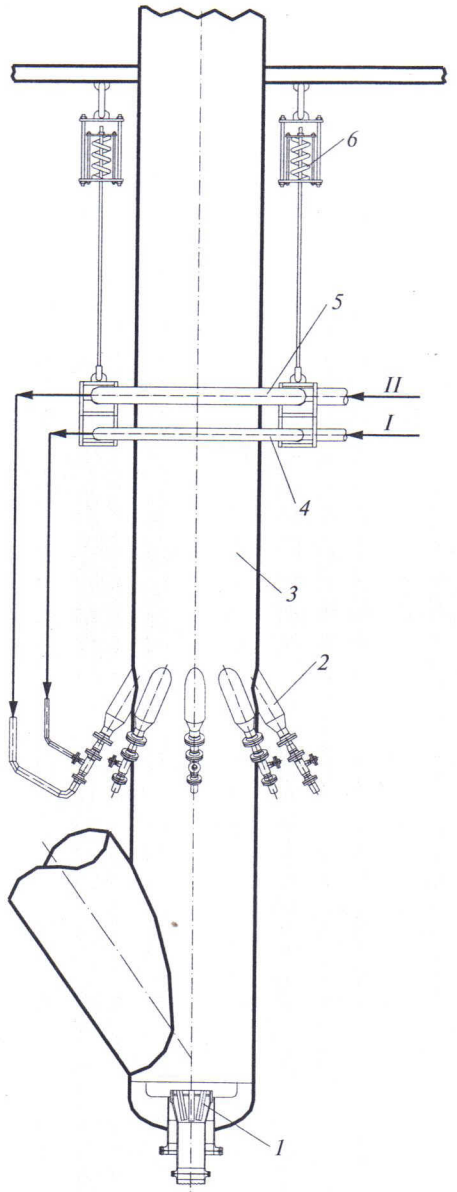

Рис. 1. Схема усовершенствованного устройства для ввода сырья в прямоточный реактор каталитического крекинга:

1 — паровая форсунка; *2* — сырьевая форсунка; *3* — прямоточный реактор; *4, 5* — кольцевой коллектор для подачи соответственно водяного пара и сырья; *6* — пружинная подвеска;

I — водяной пар; *II* — сырье.

лась максимальная скорость в тех их элементах, в которых кинетическая энергия паровой фазы при диспергировании сырья расходуется с наибольшей эффективностью.

Каждая форсунка защищена кожухом, предохраняющим ее наконечник, выступающий внутрь прямоточного реактора, от эрозионного изнашивания восходящим потоком катализатора. Подача сырья и водяного пара в форсунки осуществляется через кольцевые коллекторные трубы, установленные концентрично прямоточному реактору на пружинных подвесках.

В соответствии с первоначальным проектом установки КТ-1 в реакторе КК были установлены четыре группы двухступенчатых циклонов. Циклоны I ступени были подвешены на двух вертикальных тягах, укрепленных на верхнем днище реактора, циклоны II ступени — на собственном выводном патрубке, приваренном к сферическому днищу сборной камеры.

Конструкция вертикальных подвесных тяг циклонов I ступени не обеспечивала возможность их свободного вращения в направлении горизонтального перемещения узлов крепления тяг на крышке циклона при разогреве. Вследствие этого при термическом расширении элементов конструкции возникали избыточные напряжения.

Эти циклоны отличались низкими отношениями высоты к диаметру цилиндрической части корпуса (~3,7) и площади поперечного сечения корпуса к площади входного патрубка циклона (~4,3), что ограничивало эффективность пылеулавливания.

Для повышения эффективности и надежности системы пылеулавливания разработаны новые одноступенчатые циклоны и усовершенствована конструкция их подвески (**рис.**

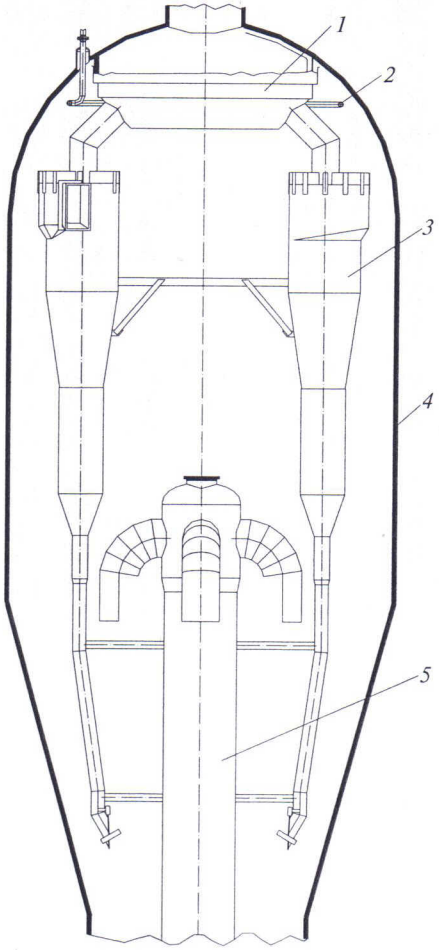

Рис. 2. Схема высокоэффективных одноступенчатых циклонов реактора каталитического крекинга:

1 — газосборная камера; *2* — кольцевой парораспределитель; *3* — циклон; *4* — реактор; *5* — прямоточный реактор.

2). В реакторе КК установлены четыре циклона, которые приварены выводными патрубками к новой газосборной камере и дополнительно прикреплены к ней при помощи двух вертикальных и одной наклонной тяг.

Конструкция подвески одноступенчатых циклонов существенно упрощена и исключает проблему, связанную с возникновением дополнительных напряжений при термическом расширении элементов оборудования.

Новые циклоны характеризуются высоким (~5) отношением длины к диаметру цилиндрической части корпуса и оптимальным отношением площади поперечного сечения корпуса к площади входного патрубка. Такие геометрические параметры обусловливают высокие эффективность пылеулавливания и эрозионную стойкость циклонов. Внутренние поверхности циклонов и верхней части пылевозвратных стояков футерованы эрозионностойким бетоном, нанесенным на панцирную сетку толщиной 25 мм.

Пылевозвратные стояки циклонов оборудованы затворными клапанами более надежной усовершенствованной конструкции. Подвеска затворной плиты обеспечивает ее плотное прилегание к кромкам выводного патрубка катализатора. Более прочная конструкция ограничительной рамы способна выдержать значительные циклические нагрузки при повышенной температуре.

Для предупреждения отложения кокса на внутренней поверхности верхнего днища реактора и наружной поверхности газосборной камеры циклонов в куполе реактора размещен кольцевой парораспределитель, снабженный ниппелями с проходным каналом переменного сечения.

Монтаж новых устройства для ввода сырья и циклонов реактора выполнен в период капитального ремонта установки в 2006 г. При фиксации показателей процесса до и после ремонта установки перерабатывали гидроочищенный вакуумный газойль практически одинакового качества. Его усредненные физико-химические характеристики: плотность при 20°С — 895 кг/м^3; температура конца кипения — 520°С; содержание фракций до 350°С — 5% (об.); коксуемость (по Конрадсону) — 0,17% (масс.); содержание серы — 0,28% (масс.).

Процесс проводили с применением мелкодисперсного катализатора SPECTRA-945 компании «Grace Davison». Активность равновесного катализатора составляла 68% (масс.) по методу MAT Davison.

После внедрения нового устройства для ввода сырья выход бензиновой фракции до 205°С увеличился на 2,9% масс. (до 53,8% масс.) при повышении производительности установки на 10% (отн.). Выход сухого газа снизился на 0,4% (масс.). Октановое число бензина практически не изменилось и составляло 93,8 по исследовательскому методу и 82,9 по моторному.

В результате внедрения новых одноступенчатых циклонов реактора содержание механических примесей в шламе сократилось с 0,15 до 0,06% (масс.), расчетная эффективность пылеулавливания достигла 99,995%.

ОАО «ВНИИНП»,
ООО «Автотехпроект», АО «ПНХЗ»