



Повышение НГР за счет использования теплообменников Compabloc

Надежность, техническая готовность и ремонтпригодность (НГР) Статья

Фото: Юрий Глеснер



Хорошо известно, что высокоэффективные пластинчатые теплообменники Compabloc (CP) позволяют повысить степень утилизации энергии на этапах предварительного нагрева, что снижает стоимость потребляемой в процессе нефтепереработки энергии и выбросы от огневых подогревателей. CP также используются для снижения расхода охлаждающей воды за счет обеспечения возможности работать с более высокой температурой на выходе.

Однако ввиду недостатка опыта эксплуатации на нефтезаводах не решаются использовать пластинчатые теплообменники (ПТО) в основных технологических процессах, несмотря на то что они позволяют экономить огромные средства как в области капитальных затрат, так и в области оперативных расходов.

В этой статье рассматриваются выводы, сделанные на основании более

чем 15-летнего опыта эксплуатации теплообменников CP, используемых в основных технологических процессах нефтепереработки. Мы проведем сравнение данного технологического решения с традиционными кожухотрубными теплообменниками по следующим показателям: надежности, технической готовности и ремонтпригодности (НГР) и увидим, насколько просто провести обслуживание в случае необходимости.

Уже давно общепризнанно, что теплообменники пластинчатого типа с тонкими гофрированными пластинами и противоточной схемой движения теплоносителя обеспечивают более эффективную теплопередачу по сравнению с традиционными кожухотрубными агрегатами. Однако устанавливаемые между пластинами уплотнительные прокладки имеют ограниченный срок службы и могут повреждаться под воздействием ряда химических веществ или при работе в условиях повышенных

температур и давлений. Поэтому ПТО используются на нефтеперерабатывающих производствах, главным образом в контурах вспомогательных технологических процессов с низкими уровнями давления и температуры, например во вторичных контурах водяного охлаждения и в системах конденсации.

Создание в конце 1980-х годов нового ПТО Compabloc (CP) без уплотнительных прокладок положило конец отмеченным ограничениям и сделало возможным использование преимуществ пластинчатой конструкции и в основных технологических процессах нефтепереработки. Нет причин, по которым можно было бы считать, что данная технология менее надежна, чем другие, используемые в этой области. На самом деле первые теплообменники CP, установленные более 15 лет назад, до сих пор находятся в эксплуатации. Они решают множество проблем нефтеперерабатывающих производств во всем мире, например проблем коррозии, засорения отложениями, недостатка охлаждающей воды, ограниченности пространства, высоких энергозатрат и нехватки ресурсов.

Сегодня уже более чем на 180 заводах по переработке нефти работает более 750 теплообменных агрегатов CP, установленных в том числе и на самых ответственных участках — перегонки сырой нефти, каталитического риформинга, изомеризации продуктов каталитического крекинга, гидрокрекинга, коксования и десульфуризации.

Надежность и приспособляемость

Высокая степень турбулентности в каналах теплообменников СР, обусловленная гофрированной формой пластин, приводит к возникновению больших касательных напряжений у стенок. Эти напряжения создают очищающий эффект, способствующий снижению интенсивности образования отложений химических соединений на стенках теплообменника. Кроме того, благодаря особой конфигурации каналов, препятствующей образованию застойных зон и зон с пониженной скоростью течения теплоносителя, в которых может происходить формирование осадка, теплообменники СР на деле доказали возможность значительного увеличения времени безотказной работы, по сравнению с кожухотрубными конструкциями, при их использовании на самых ответственных этапах технологического процесса переработки.

Дольше всех находящиеся в эксплуатации теплообменники СР стоят на заводе по переработке нефтяных битумов, расположенном в Северной Европе. Здесь работает 14 теплообменников СР, причем самый первый — с 1996 года. Они заменяют малоэффективные, часто засоряющиеся и склонные к коррозии



Comrabloc, используемый для предварительного подогрева сырой нефти (2002 год).

кожухотрубные агрегаты. Теплообменники СР выполняют различные функции, в частности используются при охлаждении фракций, полученных при атмосферной перегонке, конденсации шлемовых паров после вакуумной перегонки и при подогреве и охлаждении битума.

Старые кожухотрубные теплообменники требовали проведения ежегодной чистки и проверки — операции, занимающей по времени около недели. Теплообменникам СР требуется химическая очистка только раз в три года, причем она осуществляется очень просто в течение всего одного дня. На этих 14 установках экономия

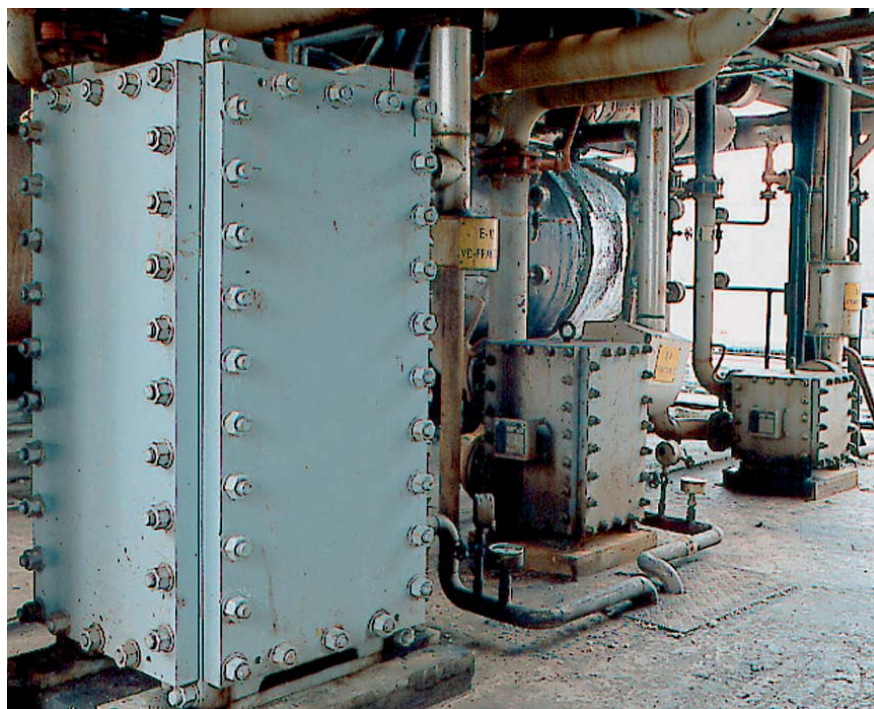


Два Comrabloc, используемые для предварительного подогрева сырой нефти (2004 год).

завода по затратам на обслуживание достигает 9 %!

На сегодняшний день наиболее широкое применение технология СР нашла в России. Она используется на 27 из 28 существующих нефтеперерабатывающих заводов, причем как при замене старой кожухотрубной техники, так и при создании новых производственных линий. Один из самых старых эксплуатирующихся в России теплообменников СР установлен в системе предварительного подогрева сырой нефти. Он обеспечивает подогрев нефти до температуры, превышающей 200 °С, за счет использования тепла атмосферного остатка (мазута). Выполненный из нержавеющей стали теплообменник с площадью поверхности теплообмена 170 м² с успехом заменяет три склонных к коррозии кожухотрубных агрегата из черного металла с площадью поверхности более 1000 м².

Североамериканские нефтеперерабатывающие заводы также решили перейти к более современным технологиям теплообмена. Когда на одном из них задумали расширить возможности по переработке более дешевых сортов нефти, появилась необходимость в установке новых теплообменников в системе подогрева сырой нефти. В связи с ограниченным пространством для размещения оборудования на заводе, для обеспечения подогрева сырой нефти до температуры 235 °С за счет тепла тяжелого вакуумного газойля (ТВГ) была выбрана технология СР.



Три агрегата Comrabloc, эксплуатирующиеся на одном из заводов по переработке нефтяных битумов в Северной Европе с 1996 года в качестве охладителей фракций, полученных при атмосферной перегонке.



Теплообменник Comtrabloc, функционирующий с 2002 года на одном из австралийских заводов в качестве ребойлера нефти.

Однако оказалось, что достаточно и одного теплообменника. Он проработал в непрерывном режиме более 18 месяцев без малейшего ухудшения показателей. Резервный агрегат используется только в периоды, когда требуется обеспечить максимальную производительность. В этих случаях он работает параллельно с другим СР.

На одном из австралийских заводов установлен СР, работающий с начала 2006 года в качестве ребойлера термосифонной системы охлаждения в нафтаотгонной колонне. СР подключен параллельно с имеющимся кожухотрубным ребойлером и выполняет функцию усилителя мощности. Кожухотрубный ребойлер требует проведения чистки через каждые шесть месяцев, в то время как СР может работать почти с годичной периодичностью обслуживания.

Ремонтопригодность

Несмотря на то что СР обладают большим временем безотказной работы, а потребность в их обслуживании значительно ниже, они все равно нуждаются в его периодическом проведении. Чистка и ремонт СР, используемых в технологических процессах перегонки, выполняются чрезвычайно просто.

Очистка

Для обеспечения нормальной работы теплообменников СР в общем случае рекомендуется проводить профилактическое обслуживание при каждом плановом прерывании технологического процесса. Тем не менее,

если за время эксплуатации СР не было отмечено ухудшения его тепловых характеристик или увеличения перепада давления, то очистку можно отложить до следующего удобного случая.

Существует два основных метода очистки — химическая мойка и механическая чистка.

Химическая мойка

Для кожухотрубных теплообменников, работающих в основных процессах нефтеперегонки, химическая мойка не слишком эффективна. Для теплообменников же СР применение химической мойки весьма полезно и позволяет восстановить тепловой к.п.д. и гидравлические характеристики. СР отличаются намного меньшим перепускным объемом (1 % от объема кожухотрубных агрегатов) и отсутствием застойных зон за перегородками или в поворотных камерах. Поэтому моющие химикаты могут растворить и удалить любое растворимое отложившееся вещество из каналов теплообменника. Кроме того, для мойки СР можно использовать более агрессивные химические реагенты, поскольку все смачиваемые поверхности конструкции изготавливаются из коррозионно-стойких металлов.

Преимуществом химической мойки является тот факт, что для ее проведения не требуется снятия панелей агрегата, а следовательно, и замены фланцевых уплотнительных прокладок. При использовании модуля безразборной мойки СIP СР даже не нужно снимать с места установки

и отсоединять трубную обвязку. В итоге время обслуживания снижается до минимума.

Увеличение времени безотказной работы и упрощение обслуживания подтверждаются на примере эксплуатации установки, находящейся на одном из европейских НПЗ. В ней четыре выполненных из титана СР используются для достижения максимально возможной эффективности утилизации тепла шлемовых паров процесса атмосферной перегонки.

Сырая нефть и питательная вода для бойлера предварительно подогреваются в двух последовательно подключенных СР. Две параллельные линии смонтированы высоко над землей, рядом с ректификационной колонной.

Первая мойка проводилась в 2002 году, через пять лет после начала эксплуатации. Холодные контуры не нуждались в мойке, а паровой контур был подвергнут промывке, главным образом для удаления кристаллов соли, сформировавшихся в каналах теплообменника.

Для восстановления производительности проводилась только химическая мойка. На первом этапе за счет организации циркуляции горячего раствора каустической соды было проведено удаление углеродистых отложений. Затем, после споласкивания, с помощью моющего средства на основе сульфаминовой кислоты были удалены солевые образования типа сульфида железа.



Два из четырех теплообменников Comtrabloc, работающих на одном из европейских НПЗ с 1997 года.

В заключение трубопроводы из черной стали были обработаны и пассивированы циркулирующим через СР раствором карбоната натрия. Перед введением теплообменника снова в работу он был промыт деминерализованной водой. Весь процесс мойки занял около трех дней.

Еще один пример успешного применения химической мойки — теперь с южноафриканского предприятия. На нем СР работает в системе отделения сероводорода от воды и обеспечивает теплообмен между кислой и отпаренной водой. Поскольку кислая вода обладает пониженным значением pH, материал отпаренной колонны корродирует и оксиды и сульфиды железа попадают в контур горячей стороны СР вместе с отпаренной водой. Для восстановления рабочих характеристик требуется частая химическая мойка теплообменника.



Эндоскопический фотоснимок стороны горячей отпаренной воды из входного штуцера агрегата Comrabloc, эксплуатирующегося на нефтеперерабатывающем заводе. Фотографии сделаны до и после проведения химической мойки.

Сначала СР промывается горячей водой под напором, а затем через его каналы осуществляется циркуляция слабого подогретого раствора каустической соды. После второй промывки водой используется слабый подогретый раствор ортофосфорной кислоты. Перед введением теплообменника в работу производится окончательная, третья, промывка водой.

Цикл промывки производится за одну рабочую смену, а результаты проверяются посредством

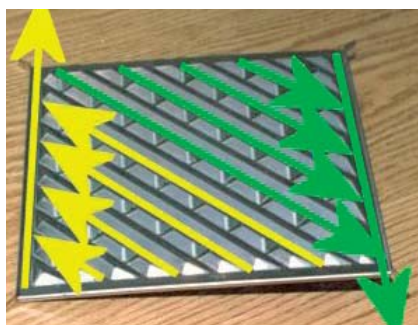
фотографирования каналов теплообменника с использованием эндоскопа через соединительные штуцеры.

Механическая чистка

Если химической мойки недостаточно для полного восстановления характеристик СР, тогда в качестве альтернативы используется механическая чистка водяной струей высокого давления. Съёмные панели обеспечивают доступ ко всему комплекту пластин, поэтому нет необходимости вынимать весь пакет из корпуса. Кроме того, поскольку каналы пластин намного короче каналов кожухотрубных агрегатов, чистка их струей высокого давления очень эффективна. Эффект сохраняется и для очень узких каналов в пакете пластин.

Поскольку профиль пластин специально сделан с 45-градусным наклоном, каналы по всей плоскости обеспечивают эффективный вывод из теплообменника вредных веществ. Наклон водяной пики на 45° позволяет обработать всю площадь пластины, если проводить чистку сначала с передней, а затем с задней стороны.

Проведение химической мойки перед чисткой струей высокого давления позволяет частично растворить вредные химические вещества и добиться



Расположенные под углом 45° по всей поверхности пластины каналы, формируемые в соответствии с профилем пластин, а также плоские отводные каналы по краям.



Струя высокого давления проходит через теплообменник, когда она направлена под углом 45°.

тем самым лучшего результата.

Чтобы еще больше повысить эффективность чистки, можно использовать струю горячей воды или слабого раствора химических реагентов.

С 2004 года на европейском заводе смазочного масла эксплуатируется теплообменник СР, использующийся в качестве конденсатора на технологическом этапе рекуперации растворителей в линии депарафинизации. Из-за отложения карбоната кальция на стороне охлаждающей воды он требует регулярной очистки каждые 12–15 месяцев. Его чистят струей горячей воды высокого давления (800–1000 бар), подаваемой через поворотные сопла или сопла с ограниченными углами распыления. Процесс чистки, включающий вскрытие, чистку, закрытие и проверку герметичности, занимает восемь часов и может быть выполнен за одну рабочую смену.

Теплообменник СР заменяет три кожухотрубных агрегата, выполненных из черной стали и склонных к коррозии. Аналогичная процедура чистки (включающая вскрытие, чистку, закрытие и проверку герметичности) для кожухотрубных теплообменников занимает два-три дня.



Сторона охлаждающей воды Comrabloc, выполняющего функции конденсатора на этапе рекуперации растворителей в линии депарафинизации европейского завода, до и после чистки струей воды высокого давления.

Ремонт

Вероятность нарушения работоспособности теплообменников СР, эксплуатирующихся в непрерывных режимах с установившимися параметрами, характерных для технологических процессов переработки нефти, достаточно мала. Тем не менее, конечно, всегда возможно возникновение течи, для устранения которой требуется проведение ремонтных работ. Ниже мы рассмотрим три характерных типа течей — по месту сварки пластин, по местам угловой сварки и течи самих пластин — и методы их устранения.

Восстановление работоспособности СР значительно облегчено за счет наружного расположения сварных швов и обеспечения полного доступа к пакету после снятия панелей. Все типы течей ликвидируются с помощью ручной дуговой сварки вольфрамовым электродом в среде инертного газа. Для предотвращения окисления металла сварка ведется под аргоном.

Восстановление всех сварных швов должно выполняться сварщиками,

имеющими соответствующий допуск и опыт работы с тонкими металлическими пластинами. Лучше всего, если для этого будет привлечен персонал фирмы-производителя, хотя бы для контроля, чтобы гарантировать правильность следования соответствующим инструкциям.

После проведения ремонта сварочного шва необходимо проверить его качество одним или несколькими из следующих методов: воздушно-пузырьковым, проникающего красителя, гидравлической опрессовки или гелием на утечку. Однако перед началом любых ремонтных работ необходимо сначала определить тип течи и место ее расположения.

Локализация течи

Поскольку размеры теплообменников СР достаточно малы, а панели рамы легко снимаются, самым простым методом локализации течи является воздушно-пузырьковый. Теплообменник устанавливается горизонтально на полу, снимается верхняя панель и соответствующий контур заполняется водой. При нагнетании воздуха во второй контур

выходящие пузырьки быстро укажут поврежденное место. После этого для более точной локализации места течи можно применить метод проникающего красителя.

Ремонт в месте угловой сварки

Течь в месте угловой сварки случается чаще, поскольку эти швы подвергаются наиболее сильному механическому воздействию. Это особенно характерно для агрегатов СР, эксплуатирующихся в режимах с частыми периодическими остановками и запусками или в нестационарных режимах при значительных колебаниях давления и в условиях высокочастотных вибраций. В то же время подобный тип течи не характерен для теплообменников СР, работающих в непрерывном режиме с установившимися параметрами (как правило, устанавливаемым в технологических процессах нефтепереработки), и возникает менее чем у 2 % из всего числа таких установок.

Ремонт места сварки пластин

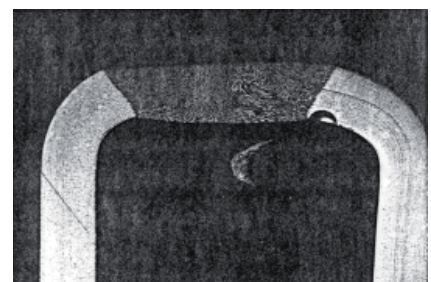
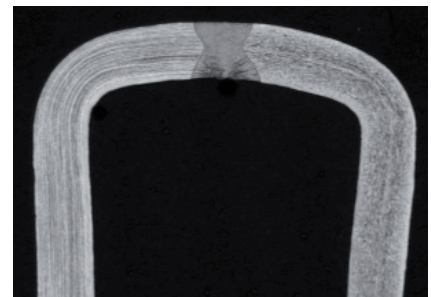
Еще один тип течи — это течь в сварочном шве, изолирующем один контур от другого и формирующем каналы теплообменника. Впрочем, если соединение пластин выполнено с помощью лазерной сварки, то вероятность возникновения течи весьма мала в связи с высоким качеством шва, обеспечиваемым этим методом.



Фотография течи в месте угловой сварки теплообменника Comtrabloc, выявленная воздушно-пузырьковым методом.



Результат тестирования методом проникающего красителя после проведения ремонта угловой течи с помощью аргонно-дуговой сварки.



Рентгеновский снимок, демонстрирующий исключительное качество шва и мин. размер зоны термического воздействия, реализуемые при лазерной сварке. Для сравнения — снимок шва, выполненного методом аргонно-дуговой сварки.



Фотография теплообменника Combraloc с поврежденным каналом, изолированным металлической полосой.

Метод лазерной сварки позволяет уменьшить зону термического воздействия, что обеспечивает повышенную механическую и химическую стойкость шва.

Ремонт течи самой пластины

Еще один возможный, но редко встречающийся тип течи — это течь, связанная с образованием трещины в материале самой пластины и приводящая к нарушению герметичности разделения обоих контуров. Этот тип течи весьма характерен для кожухотрубных теплообменников и обычно возникает из-за механической усталости подверженных вибрации протяженных труб. Его причиной может также стать значительная коррозия труб из черной стали или электрохимическая коррозия вокруг сварных швов, соединяющих арматуру из легированной стали с трубной решеткой из черного металла.

В теплообменниках СР, наоборот, пластины малой протяженности сварены вместе и образуют очень жесткую конструкцию за счет множества точек контакта между пластинами. Такая конструкция в определенной степени снижает риск образования усталостных трещин в теплообменных пластинах. Кроме того, благодаря выполнению всех смачиваемых элементов из одного и того же

коррозионно-стойкого материала не происходит их химической или электрохимической коррозии.

Однако в тех редких случаях, когда все же в пластине образуется отверстие, теплообменник СР можно отремонтировать тем же способом, что и кожухотрубный теплообменник с подобным типом течи, — путем изоляции поврежденного канала.

В кожухотрубной конструкции изоляция такого канала производится просто установкой резиновой заглушки. Для изоляции поврежденного канала в теплообменниках СР необходимо приварить с помощью аргоно-дуговой сварки металлическую полосу, закрывающую канал по всей ширине пластины.

Теплообменники СР, предназначенные для работы в нефтеперерабатывающей промышленности, всегда изготавливаются с запасом по площади поверхности теплообмена на 15–20%. Поэтому блокирование незначительного числа каналов оказывает пренебрежимо малое влияние на номинальные характеристики теплообменника.

Заключение

Анализ работы ряда из 750

эксплуатирующихся в нефтеперерабатывающей отрасли теплообменников СР показывает, что по сравнению с кожухотрубными агрегатами, чрезвычайно подверженными химически обусловленным засорениям, они за счет большей турбулентности потока и реализации больших касательных напряжений у стенок обеспечивают повышенное время безотказной работы и стабильность поддержания основных параметров.

Кроме того, при возникновении необходимости проведения обслуживания оно выполняется очень просто с использованием либо химической мойки, либо чистки струей высокого давления. Благодаря низкому перепадному объему, короткой длине каналов и обеспечению доступа ко всему пакету пластин теплообменников СР их тепловые и гидравлические характеристики легко восстанавливаются за меньшее время, чем это требуется для громоздких кожухотрубных теплообменников.

И, наконец, поскольку процессы нефтепереработки отличаются стабильностью и большой продолжительностью, в СР маловероятно возникновение отказов, связанных с механическими воздействиями. При образовании же течи их легко отремонтировать.

Вывод: теплообменники СР обладают повышенной надежностью, технической готовностью и ремонтпригодностью. Они обеспечивают большой коэффициент технической готовности и на их обслуживание требуется меньше затрат. Они надежны и поддаются ремонту. Поэтому у предприятий нефтеперерабатывающей отрасли нет причин не использовать их преимущества, причем и в их основных технологических процессах. Более 180 НПЗ по всему миру уже установили у себя теплообменники СР, и их выпуск растет с каждым днем.

Как найти Альфа Лаваль

Постоянно обновляемую информацию о деятельности компании Альфа Лаваль в мире вы найдете на нашем веб-сайте www.alfalaval.com