

Щербин Сергей Анатольевич,
к.т.н., доцент, Ангарский государственный технический университет,
e-mail: dekan_ftk@angtu.ru

Юринский Вячеслав Андреевич,
магистрант, Ангарский государственный технический университет

ВАРИАНТ РЕКОНСТРУКЦИИ ТРУБЧАТОЙ РАДИАНТНО-КОНВЕКЦИОННОЙ ПЕЧИ ПИРОЛИЗА БЕНЗИНА

Shcherbin S.A., Yurinsky V.A.

RECONSTRUCTION OPTION FOR A TUBULAR RADIANT CONVECTION GASOLINE PYROLYSIS FURNACE

Аннотация. Предлагается вариант реконструкции трубчатой радиантно-конвекционной печи пиролиза бензина. С целью повышения эффективности, а также для увеличения межремонтных пробегов предлагается выполнить замену существующего змеевика на змеевик со смешивающими элементами. Указаны преимущества и недостатки предлагаемого решения.

Ключевые слова: пиролиз, трубчатая печь, змеевик радиантной камеры.

Abstract. A variant of reconstruction of a tubular radiant convection gasoline pyrolysis furnace is proposed. In order to increase efficiency, as well as to increase inter-repair runs, it is proposed to replace the existing coil with a coil with mixing elements.

Keywords: pyrolysis, tubular furnace, tube coil of the radiant chamber.

Этилен является важным полупродуктом мировой и отечественной нефтегазохимической промышленности. Важнейшим продуктом, получаемым из этилена, является полиэтилен. Мировой рынок полиэтилена достигает 77 млн. тонн в год, при этом спрос на него продолжает расти [1]. Основным процессом производства этилена является термический пиролиз углеводородного сырья (бензиновых фракций, газойлей, этана) в трубчатых печах.

В настоящее время в России наблюдается дефицит мощностей пиролизных по производству базовых мономеров – этилена и пропилена. Мощности и количества установок пиролиза недостаточно для переработки имеющегося сырья, что не позволяет полностью удовлетворять внутренний спрос на нефтегазохимическую продукцию. Российские установки пиролиза расположены на 10 предприятиях, их общая мощность составляет более 3 млн. тонн в год. На крупнотоннажных установках, обладающих мощностью 300, 350 и 600 тыс. тонн в год, производство этилена и пропилена составляет около 78%. На предприятиях, в основном, работают пиролизные установки ЭП-300 с проектной мощностью 300 тыс. тонн в год по этилену, в то время как современные зарубежные пиролизные установки имеют мощности в 1 млн. тонн в год и более (например, в Китае и Саудовской Аравии) [1].

На пиролизных установках мощностью 300-450 тыс. тонн в год эксплуатируются печи производительностью до 45 тыс. тонн в год этилена, в которых реализуется так называемый принцип SRT, заключающийся в малом времени контакта реагирующего сырья на определенном участке высокотемпературной

зоны трубчатого змеевика, в течение которого завершаются желаемые первичные реакции расщепления углеводородов. При температуре сырья 800-860 °С температура стенки трубы ограничена температурой 1050°С [2].

Спроектированные 20 и более лет назад печи пиролиза морально и физически устаревают. Для повышения эффективности эксплуатации печей требуется их реконструкция, проводятся различные технические и организационные мероприятия. Технические мероприятия включают разработку и реализацию проектов реконструкции трубчатых змеевиков, огнеупорной обмуровки, топливных систем, средств автоматизации и контроля рабочих параметров и т.п. К организационным мероприятиям относят: четкое регламентирование качества сырья, реагентов и режимных параметров, строгое соблюдение инструкций по эксплуатации печных агрегатов, оперативный лабораторный контроль состава получаемых продуктов.

На Ангарском заводе полимеров для получения этилена применяются трубчатые радиантно-конвекционные печи пиролиза бензина со змеевиками SRT-I, обладающие существенными недостатками – неэффективное использование и низкая конверсия газового сырья, малый выход низших олефинов, что приводит к необходимости значительного рецикла сырья и снижению экономических показателей производства. Кроме того, анализ работы трубчатых печей установки ЭП-300, находящихся в эксплуатации длительное время, показал их значительный физический износ.

Змеевики SRT-1 состоят из гладких труб, количество и диаметр которых изменяются в разных зонах печи. Одной из проблем, возникающих при высокотемпературной эксплуатации гладкостенных труб даже при турбулентном режиме движения жидкости, является наличие тонкого ламинарного слоя жидкости на границе с твердой поверхностью, толщина которого зависит от средней скорости движения потока. Это приводит к увеличению термического сопротивления теплопередачи, перегреву пристеночного слоя жидкости и образованию на внутренней поверхности труб коксо-смолянистых отложений. Со временем ухудшается теплообмен, изменяется температурный режим работы змеевика, увеличивается его гидравлическое сопротивление. Кокс откладывается неравномерно, происходит местный перегрев в зоне наиболее активного роста отложений и, в крайних случаях, – механическое разрушение (прогорание) труб. Для предотвращения негативных последствий следует проводить периодическую очистку змеевика радиантной камеры от кокса.

С целью повышения эффективности работы трубчатой печи пиролиза, а также для увеличения межремонтных пробегов предлагается выполнить замену существующего змеевика SRT-1 на змеевик со смешивающими элементами.

Например, радиантная труба со смешивающими элементами MERT (Mixing Element Radiant Tube) фирмы Kubota [3] изготавливается методом центробежного литья и имеет на внутренней поверхности выступающие спираль-

ные элементы (рисунок 1, а).

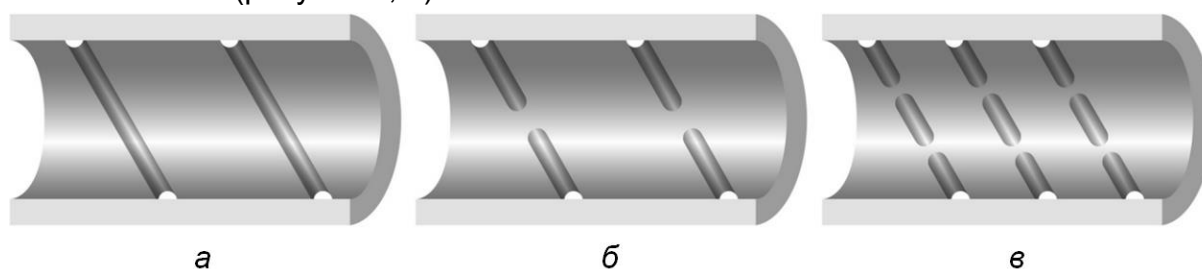


Рисунок 1 – Варианты исполнения труб со смесительными элементами:
а – MERT; б – Slit-MERT; в – X-MERT

В результате перемешивания жидкости разрушается ламинарный пристеночный слой, что способствует более эффективному нагреву и обеспечивает равномерное распределение температуры жидкости по живому сечению потока, значительно замедляется процесс коксования, увеличиваются межремонтный пробег и срок службы змеевика (рисунок 2), повышается коэффициент теплопередачи (рисунок 3).

На рисунке 2 на примере коммерческой печи Lumtus/SRT-VI показано влияние конструкции змеевика на продолжительность его пробега до достижения предельной температуры металла трубы (ТМТ) 1080 °С. Видно, что применение змеевиков со смешивающими элементами позволяет увеличить пробег в 2 раза – от 30 до 60 дней.

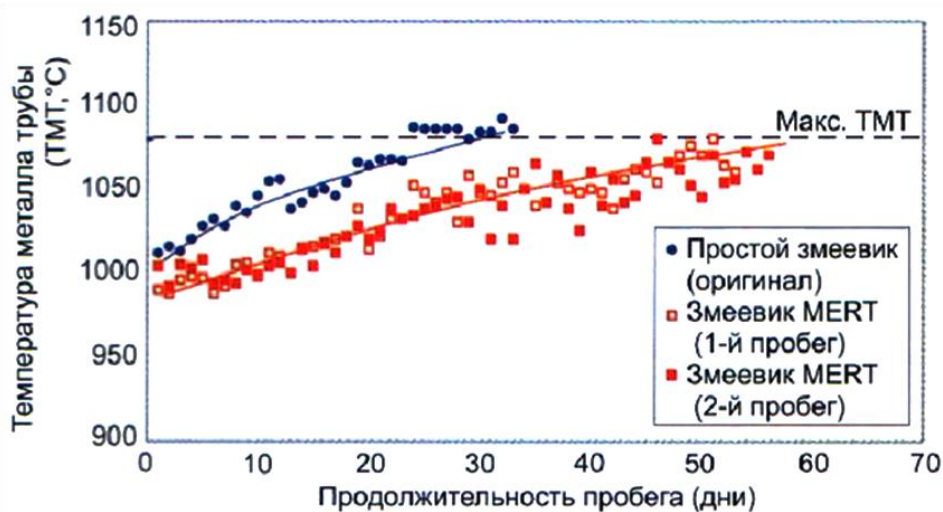


Рисунок 2 – Зависимость предельной температуры металла труб змеевика от продолжительности его пробега

Промышленное применение труб, изготовленных по технологии MERT, началось с 1996 г. Их недостатком является увеличение гидравлического сопротивления змеевика, обусловленное турбулизацией потока в результате его перемешивания (рисунок 4). Очевидно, что выступающие спиральные элементы являются местными гидравлическими сопротивлениями. В некоторых случаях это обстоятельство ограничивает применение труб со смешивающими эле-

ментами. Поэтому в 2003 г. были разработаны новые змеевики, получившие название "Slit-MERT", в трубах которых используются прерывистые смешивающие элементы (рисунок 1, б). Их применение позволяет уменьшить гидравлическое сопротивление (рисунок 4) при сохранении описанных преимуществ "MERT" в области теплопередачи. В 2007 г. была введена в промышленную эксплуатацию технология "X-MERT" (рисунок 1, в), которая позволяет снизить гидравлическое сопротивление змеевика еще на 10% по сравнению со "Slit-MERT" за счет оптимизации смешивающих элементов [3].

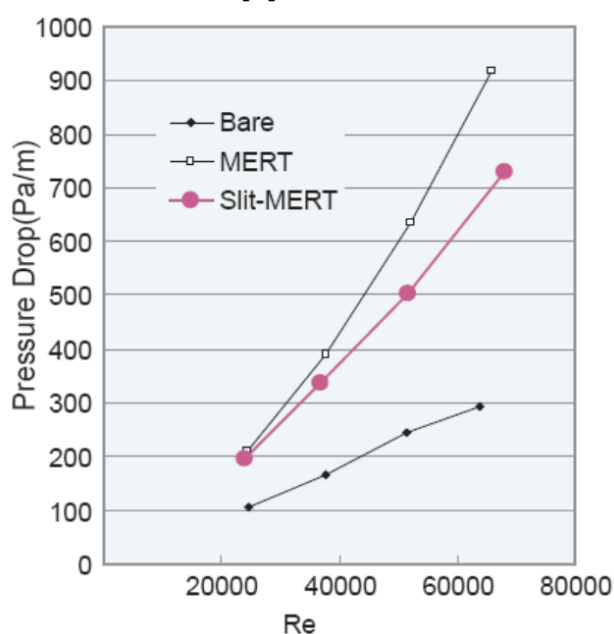
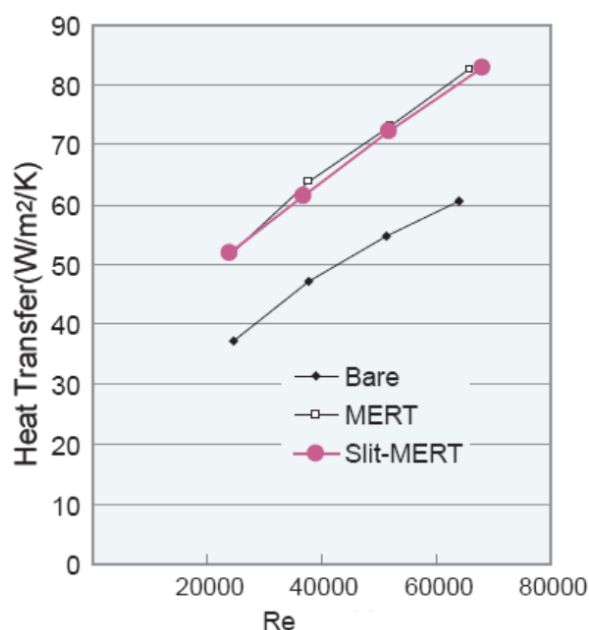


Рисунок 3 – Зависимость коэффициента теплопередачи от критерия Рейнольдса для змеевиков с гладкими трубами (Bare) и со смесительными элементами
 Рисунок 4 – Зависимость гидравлического сопротивления от критерия Рейнольдса для змеевиков с гладкими трубами (Bare) и со смесительными элементами

Таким образом, замена существующего змеевика SRT-1 на змеевик со смешивающими элементами позволит улучшить теплопередачу, уменьшить скорость закоксовывания труб, снизить температуру металла труб и увеличить межремонтный пробег оборудования.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Чербиева, Х.С.** Современное состояние и тенденции развития процесса пиролиза / Х.С. Чербиева, Д.Н. Агаев // Вестник магистратуры. – 2019. – № 11-3 (98). – С. 8-12.
2. **Шарихин, В.В.** Трубчатые печи нефтегазопереработки и нефтехимии: Учебное пособие / В.В. Шарихин, Н.Р. Ентус, А.А. Коновалов, А.А. Скороход – Москва: Сенсоры. Модули. Системы, 2000. – 392 с.
3. Materials & Steel Pipes Home. Industries. Products. Cracking Tubes. MERT – URL: https://www.kubota.com/products/materials/products/cracking_coil/mert.html (дата обращения: 01.04.2024).