

ИССЛЕДОВАНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ МАТЕРИАЛА ПЕЧНЫХ ТРУБ ПРИ ПИРОЛИЗЕ УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ

А. В. Алина

Научный руководитель – к.т.н., доцент И. М. Долганов

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30

ava82@tpu.ru

Пиролиз является основным процессом получения низших олефинов. Так, например, на 2022 год суммарная мощность российских производителей по этилену составила 4,77 млн т, по пропилену 2,46 млн т [1]. Однако пиролиз осложняется тем, что в ходе процесса на внутренних стенках змеевиков накапливается кокс, в следствие чего при длительной эксплуатации змеевиков могут появляться прогары.

Кроме того, при разных условиях проведения процесса материал змеевиков так же может отличаться. Состав стали трубчатых печей регламентируется соответствующей документацией, например, РД 26-02-80-2004 «Змеевики сварные для трубчатых печей. Требования к проектированию, изготовлению и поставке».

Используя расчеты, предложенные Кузеевым И. Р., Баязитовым М. И., Куликовым Д. В. [2], была составлена математическая модель, показывающая повреждаемость змеевика с течением времени и реализована на языке Python. Модель учитывает динамику отложений пироуглерода и марку стали, из которой изготовлен змеевик.

Учитывать марку стали необходимо, так как от состава сплава зависят его свойства и скорость коррозии. В большинстве используемых сталей в качестве основной защиты от коррозии

и окисления выступает хром, никель же необходим для введения аустенитной структуры. При высоких температурах углерод, находясь в атомарном состоянии, взаимодействует с хромом, образуя карбид хрома, в то время как для защиты от коррозии он должен находиться в кристаллической решетке железа, во избежание этого в сплавы добавляют титан, и тогда углерод начинает образовывать соединения с титаном в первую очередь, карбид титана. Тем не менее, при сильном избытке углерода в среде он с течением времени начинает реагировать и с хромом, тогда сталь перестает быть коррозионностойкой и окалиностойкой или становится менее окалиностойкой, так как степень окалиностойкости зависит от содержания хрома в составе.

Основное уравнение представляет собой вид:

$$\Pi = \sum_{i=1}^k \left(\frac{t_i}{T_{pi}} \right) \cdot n_i \cdot n_{\sigma} \leq 1,$$

где t_i – длительность цикла; T_{pi} – время до разрушения труб при действующих нагрузках и температуре; k – число циклов работы, n_i – коэффициент, учитывающий влияние характера и динамики отложения кокса; n_{σ} – коэффициент, учитывающий запас по пределу длительной

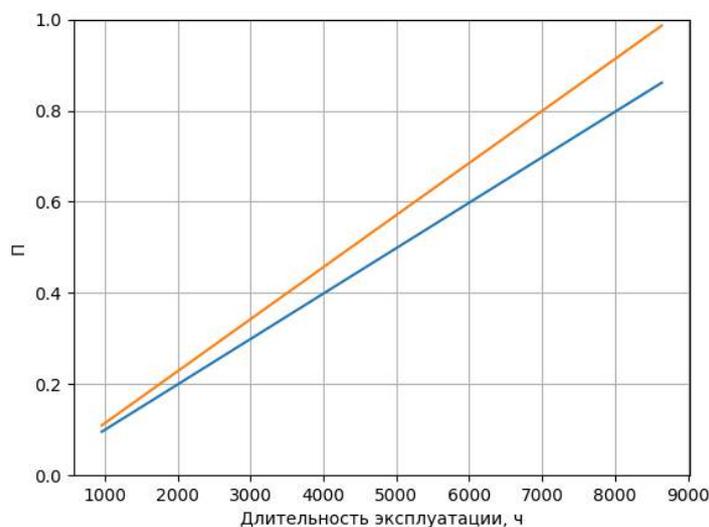


Рис. 1. Определение долговечности печных труб

прочности в рассматриваемый момент эксплуатации труб.

При составлении модели были сделаны следующие допущения: температура в ходе процесса постоянна и на момент начала каждого нового цикла работы в трубе отсутствуют углеродистые отложения.

Исследование проводилось с использованием стали ХН32Т при температуре 850 °С и временем межремонтного пробега 40 дней или 960 часов. Результаты исследования приведены на рисунке 1.

На рисунке 1 «П» характеризует поврежденность труб змеевика, соответствующая текущей наработке, и при $P = 1$ трубу стоит заменить,

так как в результате накопленных повреждений и структурных деформаций она не может быть безопасно использована дальше. Желтая кривая учитывает динамику коксоотложения, в отличие от синей.

Таким образом, в течение 10 циклов безостановочной работы, т.е. исключая время простоя и ремонта, трубы проработают максимально 8650 часов с учетом образования углеродистых отложений на внутренних стенках, без учета накопления пироуглерода число циклов может быть увеличено. Для увеличения или уменьшения длительности эксплуатации возможно изменять производительность работы печи.

Список литературы

1. *Glycols.ru* [Электронный ресурс] URL: <https://glycols.ru/2022/05/06/ehhtilen-v-rossii/> (Дата обращения: 12.02.2024).
2. Баязитов М.И., Кузеев И.Р., Куликов Д.В., Чиркова А.Г. *Высокотемпературные про-*

цессы и аппараты переработки углеводородного сырья / М.И. Баязитов, И.Р. Кузеев, Д.В. Куликов, А.Г. Чиркова. – Уфа : Гилем, 2000. – 325 с.

ВЛИЯНИЕ СВОЙСТВ КАТАЛИЗАТОРОВ КРЕКИНГА И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА НА СТЕПЕНЬ РЕГЕНЕРАЦИИ В ТЕХНОЛОГИИ КАТАЛИТИЧЕСКОГО КРЕКИНГА

А. В. Антонов, Г. Ю. Назарова, И. А. Самсонов
Научный руководитель – д.т.н., профессор Е. Н. Ивашкина

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет
634050, Россия, Томск
ava77@tpu.ru*

Эффективность процесса окислительной регенерации катализаторов каталитического крекинга, в котором катализатор непрерывно циркулирует в системе «лифт-реактор–регенератор», реализуя цикл реакции и регенерации, значительно влияет на экономические показатели процесса. От условий проведения процесса регенерации катализатора зависит температура, активность катализаторного потока на входе в лифт-реактор.

Поскольку процесс осуществляется в кипящем слое катализатора, при моделировании процесса окислительной регенерации требуется учитывать гидродинамический режим работы аппаратов, кинетические закономерности протекающих реакций, диффузию и массообмен.

На первом этапе построения математической модели процесса окислительной регенерации катализатора крекинга разработан алгоритм расчета гидродинамики процесса. Расчет основан на определении скоростей движения частиц катализатора и газового пузыря, а также высоты и порозности кипящего слоя [1] в зависимости от технологических параметров воздуха и характеристик катализатора, поступающих в реакционный аппарат, таких как гранулометрический состав, удельная поверхность, объем пор, плотности катализатора и др.

На основании результатов термогравиметрического анализа и расчета соотношения C/H в коксе, принято, что структура кокса соответствует брутто-формуле $C_{52}H_{40}$, который в регенераторе окисляется кислородом воздуха с образо-