

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛООБМЕННИКА ПЕЧИ ПИРОЛИЗА ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ПИРОЛИЗА УГЛЕВОДОРОДОВ

М.Е. Захаров, Т.В. Ганджа

*Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники,
Томск, Российская Федерация
E-mail: epsn97@mail.ru*

Данная научная статья посвящена использованию компьютерного моделирования для оптимизации процесса пиролиза углеводородного сырья через анализ теплообменника печи пиролиза. Рассматриваются современные подходы к моделированию теплообмена, его влияние на эффективность процесса пиролиза и возможности оптимизации теплообменника для улучшения производственных показателей.

Ключевые слова: компьютерное моделирование; оптимизация; пиролиз углеводородов.

ВВЕДЕНИЕ

Полимерная продукция в мировой экономике занимает весомое место, она является востребованной во многих областях жизнедеятельности современного общества – машиностроение, автомобилестроение, сельское хозяйство, космическая промышленность, военная промышленность, текстильная промышленность и другие. Благодаря широкому спектру использования спрос на полимеры ежегодно растёт.

Особую роль для получения ценных химических продуктов занимает процесс пиролиза углеводородов. Пиролиз включает в себя процессы высокотемпературного нагревания смеси веществ, реакции расщепления, конденсации, полимеризации, протекающих при низком давлении. Это сложный химико-технологический процесс, состоящий из совокупности химических реакций.

Одним из ключевых элементов этого сложного процесса является теплообменник печи пиролиза, который влияет на температурный режим и эффективность процесса. В данной работе исследуется применение компьютерного моделирования для оптимизации теплообменника и улучшения процесса пиролиза углеводородов.

Компьютерное моделирование играет важную роль в оптимизации технологического процесса, обеспечивая повышение эффективности производства, снижение затрат и улучшение качества продукции.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ПЕЧИ ПИРОЛИЗА УГЛЕВОДОРОДОВ

Перед тем как в распределительный коллектор подать углеводородное сырьё (бензин), его необходимо нагреть. Нагрев происходит путём подачи сырья в межтрубное пространство теплообменников, где оно нагревается до температуры около $30^{\circ}\text{C} \div 100^{\circ}\text{C}$, после чего поступает в печь пиролиза. В камере конвекции печи пиролиза, которая состоит из шести секций, происходит ряд химико-технологических процессов: испарение сырья, подогрев смеси сырья и водяного пара, а также перегрев пара высокого давления. Прямогонный бензин подаётся четырьмя потоками в первую секцию камеры конвекции печи, где происходит нагрев углеводородного сырья. Расход сырья на каждый поток настраивается регулирующими клапанами и зависит от температуры смеси перед закалочными-испарительными аппаратами. На данном этапе происходит реакция превращения олефинов в продукты полимеризации.

Для выхода на оптимальные условия протекания реакции в технологическом процессе предусмотрена подача водяного пара для разбавления сырья, что позволяет уменьшить парциальное давление.

После разбавления сырья, полученная паро-сырьевая смесь (водяной пар и бензин) с температурой около $100^{\circ}\text{C} \div 300^{\circ}\text{C}$, последовательно поступает в пятую и в шестую секции конвекционной камеры. На этих стадиях смесь нагревается до температуры $300^{\circ}\text{C} \div 600^{\circ}\text{C}$, после чего направляется в камеру радиации печи.

ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКТИВА ПЕЧИ НА ПРОТЕКАНИЕ ПРОЦЕССА ПИРОЛИЗА

Одна из важных характеристик, оказывающей влияние на процесс пиролиза – диаметр труб печи, который связан с температурой внешней поверхности трубы прямо пропорциональной зависимостью. В результате отложения слоя кокса температуры внешней и внутренней поверхности труб возрастают и скорость отложения кокса увеличивается [1].

Отложение кокса в процессе пиролиза углеводородного сырья необходимо минимизировать. Для решения данной задачи необходимо оптимально подобрать длину и диаметр труб на печах пиролиза, путём компьютерного моделирования теплообменника печи.

МЕТОДИКА МОДЕЛИРОВАНИЯ И ОПИСАНИЕ СРЕДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ

Теплообменник – это аппарат ХТС, в котором осуществляется теплообмен между двумя теплоносителями – многокомпонентными вещественными потоками, находящимися в газовой или жидкой фазе и имеющими различную температуру. В нём осуществляется перенос теплоты (теплоперенос) от более

нагретого теплоносителя, называемого далее горячим, к менее нагретому – холодному, через разделяющую их стенку [2].

Компьютерная модель теплообменника печи пиролиза учитывает теплопередачу, тепловые потери и гидродинамические параметры. Моделирование теплообменника реализовано в среде математического моделирования MAPS, разработанной в Томском государственном университете систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР). MAPS была разработана на основе развития метода компонентных цепей, организующего параллельно взаимодействующие уровни моделирования – объектный, логический и визуальный. Метод компонентных цепей [3] является универсальным методом компьютерного моделирования физически неоднородных объектов в статическом и динамическом (во временной и частотной областях) режимах. Среда многоуровневого моделирования MAPS разработана на языке Visual C++ с применением технологии объектно-ориентированного программирования (ООП) и набора классов библиотеки Microsoft Foundational Classes (MFC). MAPS имеет открытую библиотеку моделей компонентов, в которой реализованы модели основных элементов и аппаратов химической промышленности, а также модели компонентов, обеспечивающие проведение различных видов вычислительного эксперимента, визуализации его результатов и управления его ходом и параметрами анализируемых моделей [2]. Схема модели теплообменника представлена на рис. 1.

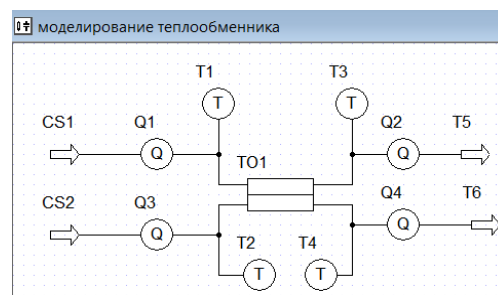


Рис. 1. Схема модели теплообменника

В теплообменник TO1 подаётся два потока. CS1 – холодный поток (прямогонный бензин), CS 2 – горячий поток (паро-сырьевая смесь). Для контроля процесса на схеме установлены следующие элементы: Q – датчики теплового потока, T1-T4 – датчики температуры, T5,6 – терминаторы.

По результатам моделирования теплообменника (рис. 2), подтверждается прямая зависимость длины трубы и температуры протекания процесса. Под показателями (ДО) принимается длина трубы 11 м, которая считается распространённой на нефтеперерабатывающих заводах. Под показателями (ПОСЛЕ) предлагается длина трубы 9 м, отобранная в результате моделирования. По выходным параметрам моделирования видно, что более оптимальной длиной для уменьшения коксообразования и уменьшения температуры

протекания процесса, является длина трубы 9 м. Подобные преобразования позволяют улучшить качество выпускаемой продукции и увеличить срок службы печей пиролиза углеводородного сырья.

Q горячий ДО	Т горячий ДО
5.920e+009	253.00
Q холодный ДО	Т холодный ДО
4.850e+009	202.00
Q горячий ПОСЛЕ	Т горячий ПОСЛЕ
5.715e+009	226.03
Q холодный ПОСЛЕ	Т холодный ПОСЛЕ
5.010e+009	207.56

Рис. 2. Результаты моделирования

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Моделирование проводилось с учетом изменений внешних условий работы теплообменника. Результаты моделирования возможно применять для оптимизации конструкции теплообменника и улучшения процесса пиролиза углеводородного сырья.

Анализ результатов моделирования теплообменника показал, что оптимизация его конструкции может значительно повысить эффективность процесса пиролиза углеводородов. Изменения в геометрии теплообменника позволяют улучшить теплообмен и обеспечить оптимальные условия для протекания процесса.

Компьютерное моделирование теплообменника печи пиролиза является эффективным инструментом для оптимизации процесса пиролиза углеводородов. Разработка и применение компьютерных моделей позволяет улучшить теплообмен и повысить эффективность производства ценных химических продуктов. Дальнейшие исследования в данной области могут способствовать развитию новых технологий и методов оптимизации процесса пиролиза.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

1. Пиролиз углеводородного сырья. / Мухина Т.Н. [и др.] // М.: Химия, 1987.
2. Дмитриев В.М., Ганджа Т.В. Среда многоуровневого компьютерного моделирования химико-технологических систем. // Томск: Издательство Том. унта, 2017. С. 332.
3. В.М. Дмитриев, Л.А. Арайс, А.В. Шутенков. Автоматизация моделирования промышленных роботов // М.: Машиностроение, 1995. С. 304.