

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

**«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ  
Н.Г.ЧЕРНЫШЕВСКОГО»**

Кафедра химической технологии

**Модернизация змеевика трубчатой печи пиролиза этановой фракции**

**АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ**

студента 4 курса 431 группы

направления 18.03.01 «Химическая технология»

код и наименование направления, специальности

Института химии

**Плынина Никиты Михайловича**

Научный руководитель

к.х.н., доцент

должность, уч. степень, уч. звание

подпись, дата

С.Б. Ромаденкина

инициалы, фамилия

Зав. кафедрой

д.х.н., профессор

должность, уч. степень, уч. звание

подпись, дата

Р.И. Кузьмина

инициалы, фамилия

Саратов 2022 г.

## ВВЕДЕНИЕ

Бакалаврская работа содержит 48 страниц, 12 таблиц, 6 рисунков, 25 литературных источников, чертеж технологической схемы установки и печи.

Актуальность работы состоит в том, что с помощью процесса пиролиза можно проводить, как переработку: первичного сырья (углеводородный газ, уголь), так и вторичного сырья (автомобильные шины, отработанное масло) с целью получения нефтепродуктов, пригодных для дальнейшей переработки.

Целью работы является проведение технологических расчетов процесса пиролиза этановой фракции с дальнейшим его внедрением в производство.

Для промышленного органического синтез важнейшим сырьем является этилен и пропилен. Этилен и пропилен имеют широкий спектр использования, поэтому разработка эффективного производства этих продуктов является актуальной и необходимой задачей.

Пиролиз является одним из наиболее эффективных способов промышленного получения продуктов. Этот процесс требует много энергии и требует хорошей проработки при проектировании новых пиролизных установок. Данная работа посвящена анализу их работы, конструктивному оформлению и способам их оптимизации. [1]

Традиционные процессы пиролиза углеводородов и каталитического крекинга, на долю которых приходится около 80 % производства пропилена в Европе, не в полной мере удовлетворяют растущий спрос на пропилен на нефтехимическом рынке, так как отвечают одновременному признанию широкого спектра продукции.

Считается, что использование газового сырья не только значительно увеличивает рентабельность получения пропилена, но и позволяет решать экологические проблемы, связанные с необходимостью утилизации попутных нефтяных газов. [2]

Структура сырья для пиролиза характеризуется разнообразием. В США до 70% общего объема этилена вырабатывается из газообразных углеводородов - этана, природного и попутного газов. В странах Западной

Европы и Японии, напротив, 85-98% этилена производится пиролизом бензинов и газойлей. В России сырьевая база пиролиза близка к западноевропейской: свыше 75% общего выпуска этилена в России получено на установках пиролиза бензина. Такая разница в сырьевой базе разных стран обусловлена особенностями топливно-энергетических балансов, соотношением потребности в моторных и котельных топливах, в том числе дизельном топливе и бензине. [3]

Бакалаврская работа состоит из двух глав: «Литературный обзор» и «Расчётная часть».

Литературный обзор состоит из трёх подразделов:

1. Процесс пиролиза
2. Параметры, влияющие на процесс пиролиза
3. Химизм процесса пиролиза

Расчётная часть состоит из одиннадцати подразделов:

1. Виды печей пиролиза
2. Модернизация трубчатой печи пиролиза
3. Технологическая схема процесса пиролиза
4. Сырьё процесса
5. Технологический расчёт трубчатой печи
6. Материальный баланс процесса пиролиза
7. Расчет процесса горения
8. Тепловой расчет трубчатой печи
9. Расчет действующего типа змеевика
10. Расчет закалочного аппарата
11. Расчет камеры радиации для проектируемого змеевика

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

В первой главе бакалаврской работы осуществлен поиск литературных данных о назначении и работе печей.

Развитие химической промышленности за последние несколько десятилетий характеризуются увеличением производства продуктов

органического синтеза. В последние 20 лет наиболее широко применяемым в мировой нефтехимии стал процесс термического пиролиза прямогонного бензина с водяным паром в трубчатых печах, в котором достигнуты практически предельные выходы целевого продукта. Этому способствовало постоянное совершенствование основных узлов технологических схем развивающегося производства этилена.

В настоящее время четыре углеводорода определяют технический прогресс продуктов нефтехимической промышленности: пропилен, бутадиен, этилен и бензол. Основным источником их производства является процесс термического пиролиза углеводородов. Пиролиз превращение органических соединений в результате деструкции их под действием высокой температуры. К настоящему времени единственным распространенным в промышленности освоенным методом пиролиза является термический пиролиз в трубчатых печах.

Целевой продукт пиролиза — газ, богатый непредельными углеводородами: этиленом, пропиленом, бутадиеном. На основе этих углеводородов получают полимеры для производства пластических масс, синтетических волокон, синтетических каучуков и др. важнейших продуктов.

[4]

Сырьё для пиролиза весьма разнообразно: от газообразных углеводородов (этана, пропана) до тяжёлых дистиллятов и сырой нефти.

Объектами исследования стали этановая фракция, метано-водородная фракция.

Термическое разложение углеводородов представляет собой сложный процесс, который можно представить, как ряд протекающих последовательно и параллельно химических реакций с образованием большого числа продуктов и в том числе низшие олефины, метан, а также другие алканы меньшей молекулярной массы, чем исходный. [5]

Перевод пиролизных установок на использование легкого газового сырья является общемировой тенденцией и связан с улучшением экономики

процесса, но приводит к явному снижению производства пропилена.

Важнейший параметр процесса температура – определяет степень превращения исходных веществ по реакциям, протекающим при пиролизе, так и распределение продуктов пиролиза. С увеличением температуры в результате первичной реакции повышаются выходы низших олефинов, метана и водорода и снижается выход алканов. [6]

В промышленных условиях пиролиз углеводородов проводят при температурах 800-900 °С и давлениях, близких к атмосферному. На входе в пирозмеевик ~ 0,3 МПа, на выходе - избыточное 0,1 МПа. Время пребывания сырья в пирозмеевике составляет 0,1-0,5с.

Пиролиз имеет два основных метода удаления загрязняющих веществ из вещества: разрушение и удаление. При разрушении органические загрязнители расщепляются на соединения с меньшей молекулярной массой, тогда как в процессе удаления они не разрушаются, а отделяются от загрязненного материала, хотя пиролиз непригоден для удаления или разрушения неорганических материалов, таких как металлы, его можно использовать в методах, которые делают эти материалы инертными.

Другим важным параметром пиролиза является время пребывания пиролизуемых веществ в зоне реакции, называемое иногда временем контакта. Под временем пребывания понимают промежуток времени, в течение которого поток реагирующего вещества находится в реакционном змеевике при таких температурах, когда реакция пиролиза протекает с значительной скоростью. Условной температурой начала реакции в случае углеводородов C<sub>5</sub>-C<sub>10</sub> (прямогонный бензин) можно считать 650°С. [7]

Во второй главе бакалаврской работы проведена параметрические расчёты реактора и змеевика печи и составили материальный баланс пиролиза до и после модернизации и тепловые потери соответственно.

Основными показателями, характеризующими работу трубчатой печи, являются полезная тепловая нагрузка, теплонапряженность поверхности нагрева и топочного пространства, коэффициент полезного действия печи и

гидравлические потери напора в трубчатом змеевике. Важнейшей характеристикой печи является полезная тепловая нагрузка. Это количество тепла, воспринимаемого сырьем в печи (кВт или кДж/ч). [8]

Одним из главных показателей, которые характеризует работу трубчатой печи, является теплонапряженность поверхности нагрева, или плотность теплового потока, т.е. количество тепла, переданного через 1 м<sup>2</sup> поверхности нагрева в единицу времени (Вт/м<sup>2</sup>).

## ВЫВОДЫ

1. Составлены материальные балансы процесса пиролиза, показывающие выход продуктов до и после модернизации печи типа ГС1, рассчитаны тепловой баланс и тепловые потери, которые составили 6%.

2. Проведены параметрические расчеты реактора и змеевика печи. Реакционный объем составил  $0,63\text{ м}^3$ , длина труб 11,3 м, диаметр труб 182x10,4 мм.

3. Установлено, что при модернизации, заключающейся в наличии дополнительных труб, установленных на выходном участке пирозмеевика, производительность увеличится на 29%.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ерандаева Ю.В., Воробьев Е.С., Воробьева Ф.И. / Расчет скорости химических реакций в MS Excel // Вестник Казанского технологического университета. 2011. т.14, Вып.11. - С.88-91.
2. Макарян И.А., Савченко, В.И. / Альтернативная энергетика и экология // журнал. 2009. № 10. -99с.
3. Торховский В.Н., Николаев А.И., Бухаркин А.К. Пиролиз углеводородного сырья/ В.Н. Торховский, А.И. Николаев, А.К. Бухаркин. – М.: 2004. – 68 с.
4. Черных С.П., Мухина Т.Н., Бабаш С.Е., Амеличкина Г.Е., Адельсон, С.В., Жагфаров Ф.Г. / Каталитический пиролиз углеводородного сырья // Катализ в химической и нефтехимической промышленности. 2001. № 2. -С.13-18.
5. Лapidус А.Л., Голубева, И.А., Жагфаров, Ф.Г. Газохимия. М: ЦентрЛит-НефтеГаз. 2008. -450с.
6. ЕнтусБ Н. Р. Трубчатые печи в нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности / Н. Р. Ентус, В. В. Шарихин // – М: Химия. 2004. – 154с.
7. Специальный практикум по технологии органических веществ: учебное пособие / И.В. Александрова. - Тюмень: библиотечно-издательский комплекс ФГБОУ ВПО ТюмГНГУ, 2014. –110с.
8. Гуревич, И.Л. Технология переработки нефти и газа / И.Л Гуревич, -М.: Изд-во химия, 2000. -187с.
9. Капустин В.М., Гуреев А.А. Деструктивные процессы: учебное пособие для вузов / В.М Капустин., А.А. Гуреев, М.: 2007. — 334с.
10. Минигалиев Т.Б., Якупов А.А., Дорожкин В.П., Коробейникова О.А. / Пиролиз углеводородов. Методические указания для выполнения лабораторных работ // Нижнекамский химико-технологический института. 2010. -С. 38-40.

11. Процессы и аппараты нефтегазопереработки и нефтехимии: Учебное пособие / А.И. Скобло. -М.: Издательство Недр, 2000. -663с.
12. Принципы технологии основного органического и нефтехимического синтеза: учебное пособие для вузов / В.С. Тимофеев, Л.А. Серафимов, А.В. Тимошенко. — М.: Издательство Высшей школы, 2010. — 408с.
13. Теоретические основы химической технологии: учебное пособие / Ю. А. Москвичев, А.К. Григоричев - М.: Издательский центр академия, 2005. -С. 268-272.
14. Технологический расчет трубчатой печи на ЭВМ: Методические указания к лабораторным и практическим занятиям, курсовому и дипломному проектированию / Г.К.Зиганшин. – М.: Издательство УГНТУ, 2001. - 100с.
15. Процессы и аппараты: учебное пособие/ Д.А Баранов, А.М. Кутепов. - М.: Издательство Академия, 2004. - 304с.
16. Иоффе И.Л. Проектирование процессов и аппаратов химической технологии / И.Л.Иоффе. - М.: Химия, 2001. - 454 с.
17. Оборудование нефтеперерабатывающих заводов и его эксплуатация: Учебное пособие / С.А. Фармазов. -М.: Издательство химия, 2007. -624с.
18. Тимонин А.С. Основы конструирования и расчета технологического и природоохранного оборудования: Справочник: в 2-ух т. / А.С. Тимонин; Изд-во Н. Бочкаревой, - Калуга ,2001. -88с., -2т.
19. Пат. RU152509U1 Российская федерация. Трубчатая печь пиролиза/Х. Х. Гильманов, И.Г. Шарифуллин. Заявка №RU2015100999 от 12.01.2015; опубл. 10.06.2015.
20. Кузнецов А.Н., Кагерманов С.М. Расчеты процессов и аппаратов нефтеперерабатывающей промышленности/ А.Н. Кузнецов, С.М. Кагерманов. - М.: Издательство химия, 2004. -786с.
21. Солодова Н.Л. Пиролиз углеводородного сырья: Учебное пособие / Н.Л.Солодова. –М.: Изд-во Казанского ун-та, 2007. -239с.

22. Владимиров А.И. Основные процессы и аппараты нефтегазопереработки: учебное пособие для вузов / А.И.Владимиров - М.: Издательство недр-бизнесцентр, 2002. - 227с.

23. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии: учебное пособие / К.Ф. Павлов, П.Г. Романков. -М.: Издательский центр альянс, 2007. - 576с.

24. Бабаш С. Е. Технология совместного пиролиза сжиженных углеводородных газов и рециклового этана в отдельных змеевиках печи / С. Е. Бабаш, П. О. Гуськов // Российский государственный университет нефти и газа им. И. М. Губкина, 2011. - №5., С. 11-12.

25. Жидков А. Б. Повышение уровня безопасности эксплуатации трубчатых печей на предприятиях нефтепереработки и нефтехимии / А.Б. Жидков //Химия и технология топлив и масел, 2008. №4., С.17-18.