

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г.ЧЕРНЫШЕВСКОГО»**

Кафедра нефтехимии и техногенной безопасности

**Модернизация двухскатной трубчатой печи установки гидроочистки  
дизельного топлива**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

студентки 4 курса 431 группы

направления 18.04.01 «Химическая технология»

код и наименование направления, специальности

Института химии

Кликушиной Анны Игоревны

Научный руководитель

Ассистент  
должность, уч. ст., уч. зв.

\_\_\_\_\_  
подпись, дата

Е.И Линькова  
инициалы, фамилия

Заведующий кафедрой

д.х.н., профессор  
должность, уч. ст., уч. зв.

\_\_\_\_\_  
подпись, дата

Р.И. Кузьмина  
инициалы, фамилия

Саратов 2023

## ВВЕДЕНИЕ

Современные процессы нефтепереработки характеризуются большим разнообразием технических методов и конструкций оборудования, а также широким ассортиментом продукции. Это еще более ярко выражено в нефтехимической промышленности.

Однако технические методы, применяемые в различных процессах нефтепереработки, основаны на использовании ряда единых типов процессов и соответствующего оборудования, которые подчиняются общему закону. Так, в различных отраслях промышленности используются такие общие процессы, как нагревание и охлаждение, дистилляция и рафинирование, абсорбция, смешивание, отстаивание и фильтрация.

Оборудование, используемое для каждого из этих процессов, также однотипно, но его конструкция может значительно отличаться в зависимости от особенностей различных производственных объектов. Для того чтобы правильно спроектировать оборудование и выбрать режим работы для различных процессов, необходимо хорошее знание общих закономерностей работы оборудования и процессов, осуществляемых в нем.

Во многих странах мира нефтеперерабатывающая промышленность сталкивается с проблемой ужесточения стандартов на моторное топливо и изменения спроса на него. В частности, стандарты на бензин и дизельное топливо быстро меняются во многих странах, заставляя нефтеперерабатывающие заводы инвестировать в новые или модернизированные установки. Именно поэтому повышение эффективности работы печи является актуальным вопросом на данный момент.

Целью данной работы является рассмотрение возможного пути увеличения производительности трубчатой печи установки гидроочистки по средствам увеличения расхода сырья на 10% и внедрения дополнительных труб в радиантной и конвекционной камерах.

## **1 Трубчатая печь**

Трубчатая печь – это аппарат, предназначенный для передачи нагреваемому продукту тепла, выделяющегося при сжигании топлива непосредственно в этом же аппарате.

Трубчатые печи широко распространены в нефтегазоперерабатывающей и нефтехимической отраслях промышленности благодаря высокой тепловой эффективности, компактности, высоким значениям тепловой мощности и коэффициента полезного действия, хорошей ремонтпригодности. Они являются составной частью многих установок и применяются в различных технологических процессах, таких как перегонка нефти, мазута, пиролиз, каталитический крекинг, риформинг, гидроочистка, очистка масел и другие.

Трубчатые печи предназначены для огневого нагрева, испарения и перегрева жидких и газообразных сред, а также для проведения высокотемпературных термотехнологических и химических процессов. Они используются при необходимости нагрева среды до температур более высоких, чем при нагреве водяным паром. Несмотря на сравнительно большие первоначальные затраты, стоимость тепла, отданного среде при правильно спроектированной печи, дешевле, чем при всех других способах нагрева до высоких температур. Трубчатая печь представляет собой теплообменный аппарат, в котором происходит сжигание топлива и за счет этого передача теплоты нагреваемому продукту, находящемуся в трубах. В дополнение к основной части теплоты, которая передается излучением, существенная часть передается конвекцией вследствие высокой скорости движения дымовых газов.

## 2 Конструкция и работа трубчатой печи

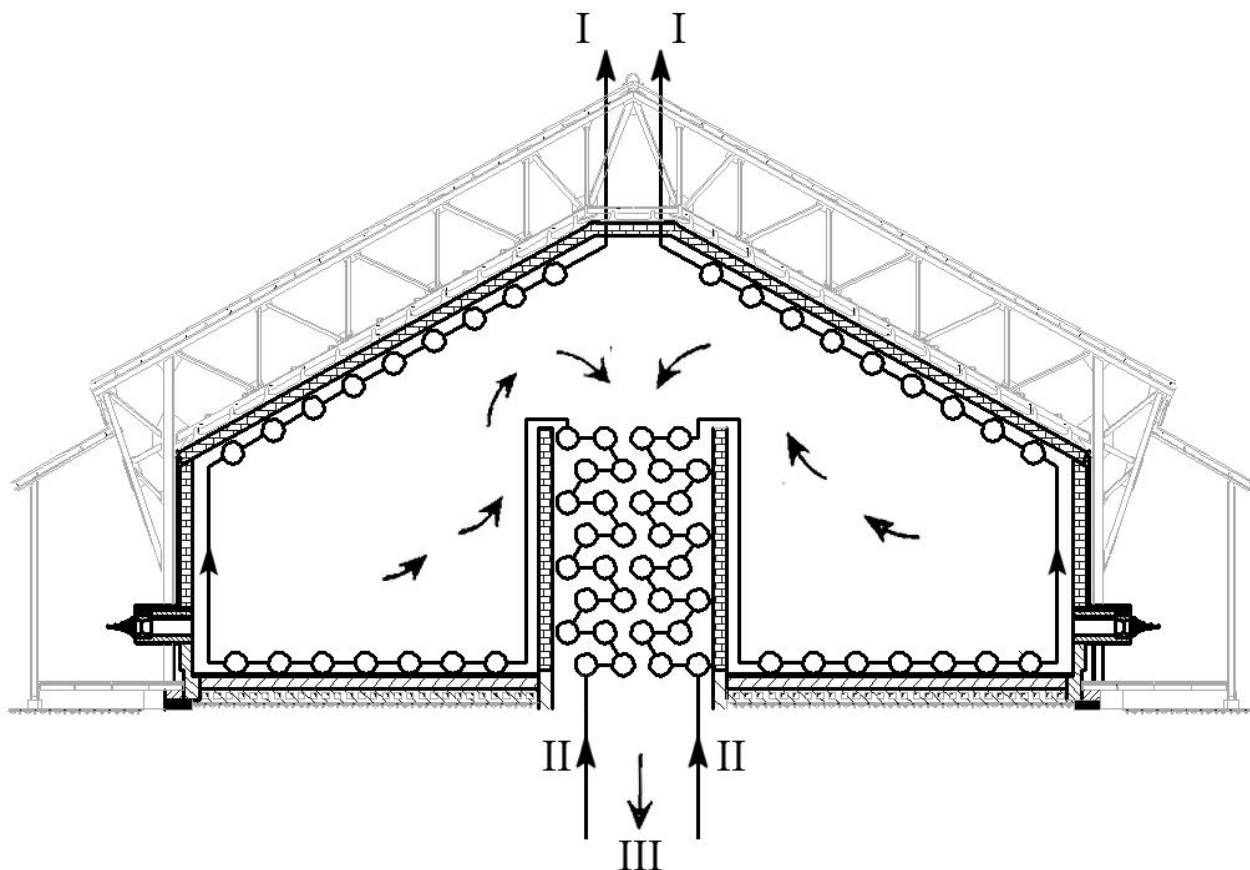


Рисунок 1 – Двухкамерная трубчатая печь шатрового типа

I – выходящий продукт; II – входящий продукт; III – газы в дымовую трубу

На рисунке 1 изображена схема шатровой двухкамерной трубчатой печи гидроочистки дизельного топлива. Сырье поступает в печь и двумя потоками проходит камеру конвекции, где нагревается за счет тепла отводимых продуктов сгорания топливного газа. Параллельными потоками поступает в камеры радиации, где нагревается за счет лучистой теплопередачи от нагретой поверхности свода, стен и пода печи. Далее нагретое до температуры процесса дизельное топливо выводится из печи и направляется в выносную реакционную камеру.

## 3 Классификация трубчатых печей

Трубчатые печи различаются по технологическим, теплотехническим, конструктивным и другим признакам.

По технологическому назначению трубчатые печи делятся на два типа: нагревательные и реакционно-нагревательные. Печи первого типа применяются для нагрева сырья до заданной температуры, они характеризуются высокой производительностью и умеренными температурами нагрева углеводородных сред (300-500 °С). Печи второго типа одновременно с нагревом и перегревом сырья используются в качестве реакторов. В определенных участках их трубного змеевика обеспечиваются условия для протекания направленной реакции. Рабочие условия этих печей отличаются высокими температурами, обеспечивающими деструкцию углеводородного сырья, и невысокой массовой скоростью.

По способу передачи тепла нагреваемому продукту печи подразделяются на конвективные, радиационные и радиационно-конвективные.

Конвективная печь состоит из двух основных частей – камеры сгорания и трубчатого пространства, которые отделены друг от друга стеной, так что трубы не подвергаются прямому воздействию пламени, и большая часть тепла передается нагреваемому веществу путем конвекции.

В радиационной печи все трубы, через которые проходит нагреваемое вещество, помещены на стенах камеры сгорания. Поэтому у радиационных печей камера сгорания значительно больше, чем у конвективных. Все трубы подвергаются прямому воздействию газообразной среды, которая имеет высокую температуру.

Радиационно-конвективная печь имеет две отделенные друг от друга секции: радиационную и конвективную. Большая часть используемого тепла передается в радиационной секции (обычно 60-80 % всего использованного тепла), остальная – в конвективной секции. Конвективная секция служит для использования физического тепла продуктов сгорания, выходящих из радиационной секции обычно с температурой 700-900 °С.

Почти все печи, эксплуатируемые в настоящее время на нефтеперерабатывающих заводах, являются радиационно-конвективными. В печах такого типа трубные змеевики размещены и в конвекционной, и в

радиантной камерах.

По конструктивному оформлению можно выделить несколько признаков классификации трубчатых печей, основные из них приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Классификация печей по конструктивному оформлению

Признак классификации	Тип печи
По форме каркаса	Коробчатые (ширококамерные, узкокамерные) Цилиндрические Кольцевые Секционные
По числу камер радиации	Однокамерные Двухкамерные Многокамерные
По расположению трубного змеевика	С горизонтальным расположением С вертикальным расположением
По расположению горелок	С боковым расположением С подовым расположением
По топливной системе	На жидком топливе (Ж) На газообразном топливе (Г) На жидком и газообразном топливе (Ж+Г)
По способу сжигания топлива	С факельным сжиганием С беспламенным сжиганием
По расположению дымовой трубы	Вне трубчатой печи Над камерой конвекции
По направлению движения дымовых газов	С восходящим потоком газов С нисходящим потоком газов С прямолинейным движением потока газов

Иллюстрации классификации печей по некоторым конструктивным признакам приведены на рисунках 2-4.



а



б

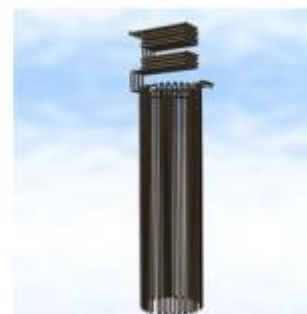


в

Рисунок 2 – Типы печей по форме каркаса: а – коробчатая ширококамерная печь; б – коробчатая узкокамерная печь; в – цилиндрическая печь.



а

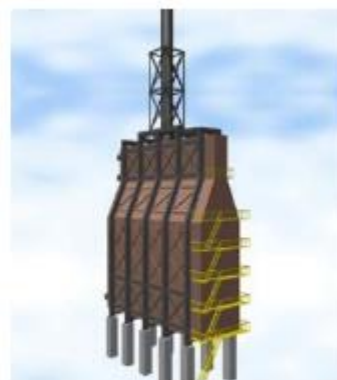


б

Рисунок 3 - Варианты расположения трубного змеевика: а – горизонтальное расположение; б – вертикальное расположение.



а



б

Рисунок 4 - Варианты расположения дымовой трубы печи: а – вне трубчатой печи; б – над камерой конвекции.

#### **4 Реконструкция трубчатых печей**

Один из вариантов модернизации печей - наращивание их теплопроизводительности и мощности по сырью с использованием дополнительного экранирования.

Впервые дополнительное экранирование двухскатных трубчатых печей было произведено на установке АВТ одного из нефтеперерабатывающих заводов. Для этого в каждую камеру топки печи дополнительно установили по 21 трубе: по 12 - на перевальных стенах, по три - на фронтальных стенах над горелками, по четыре — в потолочном экране над конвекционной секцией, по две — в подовом экране.

Из конвекционной секции были демонтированы пароперегреватель и змеевик для теплоносителя и вместо них установлено 29 труб. Все монтажно-строительные работы по реконструкции печи удалось выполнить в период капитального ремонта установки.

Описанный опыт был успешно использован для модернизаций печей на многих предприятиях отрасли.



## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Проведен расчет трубчатой печи гидроочистки дизельного топлива при повышении производительности на 10%, в результате которого наблюдается увеличение эффективности установки гидроочистки, скорости подачи сырья, поверхности теплообмена в печи, а также увеличение КПД трубчатой печи с 0,74 до 0,78.

Также составлен тепловой баланс трубчатой печи установки гидроочистки и приведено экономическое обоснование предлагаемых мероприятий по оптимизации. Получено, что срок окупаемости проекта по оптимизации составит 2 месяца.