

Министерство образования и науки Российской Федерации

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра нефтехимии  
и техногенной безопасности

**Повышение эффективности трубчатой печи установки первичной  
переработки нефти**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

студента (ки) 4 курса 431 группы

направления 18.03.01 «Химическая технология»

код и наименование направления, специальности

Института химии

Распутиковой Виктории Геннадьевны

Научный руководитель

доцент, к.х.н.

И. А. Никифоров

должность, уч. ст., уч. зв.

подпись, дата

инициалы, фамилия

Заведующий кафедрой

д.х.н., профессор

Р.И. Кузьмина

должность, уч. ст., уч. зв.

подпись, дата

инициалы, фамилия

Саратов 2017

## ВВЕДЕНИЕ

Нефть предназначена к транспортировке в чистом виде, но из скважин вместе с ней поступает пластовая вода, попутный газ, твердые частицы механических примесей, таких как: горные породы, затвердевший цемент. Пластовая вода – это сильно минерализованная среда с содержанием солей до 300 г/л. Содержание пластовой воды в нефти достигает до 80%. Минеральная вода вызывает повышенное коррозионное разрушение труб, резервуаров; твердые частицы, поступающие с потоком нефти из скважины, вызывают износ трубопроводов и оборудования.

Установка подготовки нефти предназначена для отбора газа первой степени сепарации, выделившегося в сепараторах, дегазации нефти и воды на концевой степени сепарации и сжигания газа на факеле низкого давления, обезвоживания поступающей нефти до остаточного содержания в ней воды не более 0,5%, очистки пластовой воды от нефти, механических примесей.

Одним из основных аппаратов установки является трубчатая печь, в которой сырая нефть нагревается до температуры порядка 70-80°C для снижения вязкости сырья. Существующая в данный момент на производстве печь ПТБ-10А рассчитана на производительность 416600 тонн/год, и целью данного исследования являлся расчет запаса мощности этой печи до уровня, при котором все технологические параметры работы печи сохраняются на регламентных значениях.

Раздел 1 – Литературный обзор

Раздел 2 – Расчетная часть

## **Основное содержание работы**

### **Классификация трубчатых печей**

В силу большого разнообразия трубчатых печей их трудно классифицировать. Однако имеется, возможность классификации трубчатых печей по некоторым признакам: печи нефтеперерабатывающей и нефтехимической можно подразделить по виду производства, технологическому назначению, способу сжигания топлива, способу передачи тепла, особенностям конструкции [1].

По виду производства:

1. стабилизация нефти;
2. первичная перегонка;
3. вторичная перегонка;
4. каталитический крекинг;
5. риформинг;
6. коксование.

По технологическому назначению трубчатые печи подразделяют на:

1. нагревательные;
2. нагревательно – реакционные.

По способу сжигания топлива трубчатые печи подразделяются на три основных типа:

1. с факельным сжиганием топлива;
2. с излучающими стенами топки;
3. с настильным пламенем.

По способу передачи тепла нагреваемому сырью печи делят на:

1. конвекционные;
2. радиантно – конвекционные;
3. радиантные.

По конструктивному оформлению трубчатые печи классифицируются:

- по форме каркаса:
  1. коробчатые (ширококамерные, узкокамерные);
  2. цилиндрические;
  3. кольцевые;
  4. секционные;
- по числу камер радиации:
  1. однокамерные;
  2. двухкамерные;
  3. многокамерные;
- по расположению трубного змеевика:
  1. горизонтальное
  2. вертикальное
- по расположению горелок:
  1. боковое;
  2. подовое;
- по топливной системе:
  1. на жидком топливе (Ж);
  2. на газообразном топливе (Г);
  3. на жидком и газообразном топливе (Ж+Г);
- по способу сжигания топлива:
  1. факельное;
  2. беспламенное сжигание;
- по расположению дымовой трубы:
  1. вне трубчатой печи ;
  2. над камерой конвекции ;
- по направлению движения дымовых газов:
  1. с восходящим потоком газов;
  2. с нисходящим потоком газов;
  3. с горизонтальным потоком газов.

## **Описание основных узлов трубчатой печи**

Трубчатые печи состоят из следующих основных узлов:

- змеевика
- гарнитуры
- каркаса
- обмуровки
- приборов для сжигания топлива

### **Змеевик трубчатых печей**

Змеевик состоит из бесшовных цельно натянутых труб диаметром от 60 до 152 мм. Длина труб составляет 12-18 м. Печные трубы соединяют в змеевик при помощи двойников или приварных калачей. Двойник имеет разборный корпус, состоящий из 2-х частей, содержащий тросы и болты для сопряжения соединительного канала с трубами [6].

Двойники таких конструкций позволяют легко удалять трубы и отличаются меньшим гидравлическим сопротивлением. Соединение приварными калачами применяется в тех процессах, где осуществляется паровоздушный способ очистки печных труб от кокса.

### **Гарнитура печей**

Трубные решетки служат для поддержания решеток радиантной и конвекционной секций. Изготавливаются из чугуна. Трубные подвески служат для поддержания радиантных труб, в пролете между трубными решетками во избежание их провисания. Изготавливают из жароупорной стали. Бывают цельнолитые и составные. [6]

## **Каркас и обмуровка печей**

Назначение каркаса - нести нагрузку от труб, крыши, лестниц, площадок. Изготавливаются из стальных балок. Защищается обмуровкой с теплоизоляцией. В современных печах блочная обмуровка из фасонного кирпича. В настоящее время имеются также печи с монолитной обмуровкой из огнеупорного изоляционного бетона. Свод трубчатых печей - из фасонного огнеупорного кирпича, поддерживаемого специальными подвесками. Подвески крепятся к полкам швеллеров, опирающихся на потолочные блоки.[6]

## **Приборы для сжигания топлива**

Сжигание топлива в трубчатых печах осуществляется в форсунках или горелках. Форсунки могут быть либо с паровым, воздушным либо с механическим распыливанием, вследствие их простоты. Однако они требуют большого расхода пара.

## **Недостатки и преимущества трубчатой печи**

Основные недостатки:

- недостаточная надежность эксплуатации печи вследствие забивания продуктами сгорания топлива поверхностей оребренных труб конвективного змеевика, что ухудшает теплообмен поверхности нагрева, увеличивает расход топлива и снижает срок службы змеевика и надежность печи в целом;
- недостаточно полное использование тепловой энергии дымовых газов для нагрева продукта в радиантной и конвективной камерах.[4]

## Основные преимущества:

- размещение съемных фильтров, выполненных в виде вращающихся трубчатых элементов из микропористого материала, одного - между радиантной и конвективной камерами, а другого на выходе из конвективной камеры перед дымовой трубой, позволяет улучшить теплообмен ребренной поверхности конвективного змеевика за счет уменьшения загрязнения и увеличить срок его службы, повысить надежность эксплуатации печи
- возможность регулирования теплового потока позволяет максимально использовать энергию дымовых газов для нагрева радиантной и конвективной камер, что снижает расход топлива [4]

## Основные показатели работы трубчатой печи

- Тепловая мощность - это количество тепла, передаваемого продукту на нагрев, испарение и реакцию в ккал/ч. Тепловая мощность современных печей составляет от 7-8 до 45-70 мВт. Значительное увеличение тепловой мощности печей возможно за счет применения более длинных труб или использования многокамерных печей [13];
- Коэффициент полезного действия печи – это отклонение количества тепла, полезно использованного в печи, к общему количеству тепла, внесенного топливом. Зависит КПД от коэффициента избытка воздуха и температуры уходящих дымовых газов. Обычно колеблется в пределах 0,70-0,85;
- Тепловая напряженность топочного пространства - это количество тепла, выделяемого при горении топлива на 1 м<sup>3</sup> топочного объема в час. Составляет от 40 до 80 кВт/м<sup>3</sup>;
- Температура дымовых газов на перевале – это температура дымовых газов, поступающих в конвекционную камеру. Обычно эта температура находится в пределах 700-900°С. Температуру дымовых газов на перевале не

рекомендуется чрезмерно повышать, т. к. это может вызвать коксование и прогар радиантных труб;

- Тепловая напряженность поверхности нагрева радиантных труб - это в количестве тепла, передаваемого одному м<sup>2</sup> поверхности нагрева в час. Она определяет эффективность работы радиантных труб. Допустимые значения тепловой напряженности поверхности нагрева радиантных труб ограничивается коксованием и прогаром труб и зависит от конструкции печи, характера нагреваемого продукта, температуры его нагрева и скорости продукта;
- Коэффициент прямой отдачи - это отношения количества тепла переданного радиантным трубам, к общему полезному теплу, выделенному топливом. Обычно находится в пределах 0,58-0,65;

Температура дымовых газов на перевале, тепловая напряженность поверхности нагрева радиантных труб и коэффициент прямой отдачи топки тесно связаны между собой.

Коэффициент теплопередачи зависит главным образом от скорости движения дымовых газов в камере конвекции: чем выше эта скорость тем больше коэффициент теплопередачи. При естественной тяге с увеличением скорости возрастает необходимая высота дымовой трубы. Для увеличения коэффициента теплопередачи и тепловой напряженности труб рекомендуется по возможности применять меньший диаметр труб и уменьшить расстояние между трубами и число труб в ряду.

Температура отходящих дымовых газов. Если тепло отходящих дымовых газов не используется для подогрева воздуха, то желательно, чтобы их температура была возможно низкой, но чрезмерное понижение этой температуры увеличивает поверхность нагрева конвекционных труб. Температуру отходящих дымовых газов рекомендуется принимать на 100-150°С выше температуры поступающего в печь продукта [13].



## Результаты расчетов

Наименование параметра	Значение
Низшая теплота сгорания топлива, $Q$ , ккал/м <sup>3</sup>	9377
Коэффициент полезного действия, $\eta$ , %	99,70
Полезная тепловая нагрузка, $Q_{\text{полезн}}$ , Гкал/ч	66,33
Расход топлива, $V$ , кг/ч	7095
Количество тепла, передаваемого сырью в радиантной секции, $Q$ , Гкал/ч	58,05
Количество тепла, передаваемого сырью в конвекционной секции, $Q_k$ , Гкал/ч	8,31
Максимальная температура горения, $T$ , °С	1659,20
Абсолютно черная поверхность, $N$ , м <sup>2</sup>	294
Поверхность топки, занятая экранными трубами(в один ряд), $N$ , м <sup>2</sup>	29,80
Общее количество тепла, вносимого в печь, $Q$ , Гкал/ч	6,32
Степень экранирования, $\psi$	0,81
Коэффициент прямой отдачи тепла, $\mu$	0,92
Температура газа на перевале, $T$ , °С	726,85
Коэффициент теплопередачи, $K$	38,06
Скорость дымовых газов, $U$ , кг/м <sup>2</sup> с	2,26

Коэффициент теплоотдачи, $\alpha$	25,76
Наружная поверхность труб, $F, \text{ м}^2$	225,5
Число труб, $N$	35
Диаметр труб, $\text{ м}$	0,159
Длина труб, $\text{ м}$	13

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

1. Обследована действующая установка: установка первичной подготовки нефти, определены основные технологические параметры трубчатой печи ПТБ – 10. Длина печи  $l=13900\text{м}$ ; ширина печи  $b=3150\text{м}$ ; высота печи  $h= 5880\text{м}$ .
2. Расчетным путем оценен запас мощности существующего оборудования, установлено, что при расходе сырья 450000 тонн/год на две печи, они обеспечивают регламентные значения всех технологических параметров.
3. Разработан чертеж общего вида трубчатой печи для производительности 225000 тонн/год, общая поверхность теплообмена труб =  $225,5 \text{ м}^2$ , число труб  $N=70$ , длина труб  $l=13\text{м}$ , диаметр труб  $d=159\text{мм}$ .
- 4.

### **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. Жидков А.Б. Трубчатые нагревательные печи нефтепереработки и нефтехимии / Жидков А.Б., Герасимов Д.П., Денисов Д.Е., Кравченко С.А., Масько А.В., Чистяков К.В., Хухрин Е.А. – СПб.: АртПроект, 2015. –104с.
2. Адельсон С.В. Технологический расчет и конструктивное оформление нефтезаводских печей / Государственное научно-техническое издательство нефтяной и горно-топливной литературы – Москва 1952. – 122с.

3. Ентус Н.Р., Шарихин В.В. Трубчатые печи в нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности. - М.: Химия, 2010. – 304с.
4. Кривандин В.А. Том 2. Конструкция и работа печей. Учебное пособие для вузов. – М.: МИСиС, 2002. – 736с.
5. Технологический регламент. Пункт подготовки и сбора нефти УПН Вахского месторождения. – г.Стрежевой –2016.
6. Скобло А.И., Молоканов Ю.К., Владимиров А.И., Щелкунов В.А. Процессы и аппараты нефтегазопереработки и нефтехимии: Учебник для вузов.-3 изд.- М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2000.-677с.
7. Патент РФ 2246524. Мурадов З.А. Трубчатая печь. Заявка от 23.05.2003. Опубликовано 20.02.2005.
8. Патент РФ 2409610. Мурадов З.А. Трубчатая печь. Заявка от 05.02.2009. Опубликовано 10.08.2010.
9. Патент РФ 2455340. Закирьянов Р.Б., Ягудин М.Н., Тихонов А.А. Трубчатая печь. Заявка от 07.04.2011. Опубликовано 10.07.2012.
10. Патент РФ 2483096. Таушева Е.В., Таушев В.В., Теляшев Э.Г. Трубчатая печь. Заявка от 07.02.2012. Опубликовано 27.05.2013.
11. Патент РФ 2231713. Шарихин В.В., Печников А.С. Трубчатая печь. Заявка от 02.06.2003. Опубликовано 27.06.2004.
12. Судаков Е.Н. Расчеты основных процессов и аппаратов нефтепереработки. – 3е издание. – М.: Химия, 1979.- 568с.
13. Гусейнов Д.А., Спектор Ш.Ш., Вайнер Л.З. Технологические расчеты процессов переработки нефти.- М.: Химия, 1964.- 310с.
14. Эмирджанов Р.Т. Основы технологических расчетов в нефтепереработке.- М.: Химия, 1965.- 546с.
15. Павлов К.Ф. Примеры и задачи по курсу ПАХТ.- 2е изд.- Ленинград – Москва, 1950.- 406с.