

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

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

Кафедра нефтехимии и техногенной безопасности

**Использование флексигаза в трубчатых заводских печах**

АВТОРЕФЕРАТ МАГИСТЕРСКОЙ РАБОТЫ

студента (ки) 2 курса 252 группы

направления 18.04.01 «Химическая технология»

код и наименование направления, специальности

Института химии

Ярошенко Полины Михайловны

Научный руководитель

доцент, к.х.н.  
должность, уч. ст., уч. зв.

\_\_\_\_\_   
подпись, дата

С.Б. Ромаденкина  
инициалы, фамилия

Заведующий кафедрой

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

\_\_\_\_\_   
подпись, дата

Р.И. Кузьмина  
инициалы, фамилия

Саратов 2020 год

## ВВЕДЕНИЕ

Выпускная квалификационная работа содержит 64 страниц, 13 таблиц, 4 рисунка, 35 литературных источников, чертёж технологической схемы установки и трубчатой печи.

Целью работы является исследование возможности применения флексигаса в трубчатой печи П 1/2 установки ЭЛОУ - АВТ 6, а так же оценка работоспособности нагревательного оборудования.

На сегодняшний день, трубчатые печи - основные потребители топлива на Нефтеперерабатывающих заводах, поэтому осуществление их оптимальной работы является определяющим для экономики всего нефтеперерабатывающего комплекса. Прогрессивные инженерные решения, заложенные в проектах печей, за время эксплуатации постепенно утрачиваются, и коэффициент полезного действия снижается на десятки процентов.

Зачастую в качестве энергоносителей используются продукты собственной выработки – углеводородный газ, водяной пар, мазут. Однако стоит задумываться о поисках более дешевых энергоресурсов, благодаря которым получится вовлечь освободившиеся объемы мазута в дальнейшую переработку для получения максимального выхода светлых продуктов.

В связи с этим при выполнении выпускной квалификационной работы основными задачами были:

- Изучить эффективность использования флексигаса, по сравнению с существующими аналогами;
- Определить состав газовой смеси, которая будет использоваться в качестве топлива для печи;
- Выполнить технологический расчет основных параметров трубчатой печи П1/2 установки ЭЛОУ АВТ -6.
- Провести экономическое обоснование мероприятий.

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

Литературный обзор состоит из трех подразделов:

1. Назначение трубчатых печей
2. Принципиальная работа трубчатой печи
3. Топливо для работы трубчатых нагревателей и экологические показатели работы печного блока

Расчётная часть состоит из девяти подразделов:

1. Технологическая схема установки получения флексигаса и его свойства
2. Сжигание флексигаса в трубчатых печах
3. Конструкция, работа и характеристики печи П-1/2
4. Расчет горения топлива
5. Тепловой баланс печи. Определение коэффициента полезного действия и расхода топлива
6. Выбор типа горелок для печи П ½ и ее характеристики
7. Технологический расчет камеры радиации
8. Упрощенный расчет камеры конвекции
9. Экономическое обоснование мероприятий

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

В первой главе магистерской работы осуществлен поиск литературных данных о назначении и работе трубчатых печей в промышленности.

Трубчатая печь является высокотемпературным технологическим устройством, состоящим из двух различных по особенностям нагрева камер – радиантной и конвективной. В основном, печь предназначена для нагрева углеводородного сырья (нефти, мазута), за счет тепла выделенного при сжигании газообразного или жидкого топлива. Технологические печи используются при необходимости нагрева сырья до высоких температур, свыше 230 °С. Несмотря на сравнительно большие первоначальные затраты, стоимость тепла, отданного среде при правильно спроектированной печи, может быть гораздо дешевле, чем при других способах нагрева.

На сегодняшний день, трубчатые печи используются во многих технологических процессах: гидроочистка, очистка нефтяных масел, перегонка нефтепродуктов, крекинг, риформинг, полимеризация. Основные недостатки трубчатых печей, используемых на предприятиях нефтепереработки:

1. Ненадежность эксплуатации печей из-за образования нагара на поверхности труб конвекционного змеевика, вследствие чего ухудшаются теплообменные процессы, возрастают расходы на топливо и уменьшается срок эксплуатации змеевиков и, как следствие, падает надежность печей.

2. Неполное распределение теплоты от дымового газа для прогрева нефти в радиантной и конвекционной камере.

3. Низкоэффективная работа конвекционной части из-за высокоскоростного потока дымового газа у стенок. Это обусловлено конструкцией печи (зазор между футеровкой и крайними трубами). 4. Образование гидроударов, вибрации из-за возникновения парогазовых пробок, что влечёт за собой повреждение змеевика и выход из строя аппарата.

В первой главе были изучены варианты применения трубчатых печей и топлива для их работы.

Наиболее важной первичной установкой нефтепереработки является АВТ, где происходит разделение нефти на фракции по температуре их выкипания. Для этого нефть необходимо нагреть до температуры не выше 360 °С. Если нефть нагревается до более высоких температур, при атмосферном давлении начинается процесс термического крекинга – разложения нефти на газообразные и твердые (коксообразные) продукты. Это категорически недопустимо и может привести к выходу из строя теплообменной аппаратуры, а самое главное снизит объемы выхода из нефти самых дорогостоящих светлых углеводородов – компонентов бензинов.

Топливом для большинства современных трубчатых печей могут служить: природный газ, поступающий на НПЗ извне (наиболее экологичный

вариант) – вариант особенно популярный в России, где природный газ очень дешевый; углеводородные газы, выделяемые из нефти при ее переработке на заводе; мазут – смесь тяжелых нефтяных остатков с разных технологических установок НПЗ.

Во второй главе магистерской работы определен состав и расход топливной смеси для печи П1/2 ЭЛОУ АВТ-6. Выполнен тепловой баланс нагревательного агрегата, определен новый КПД. Проведены расчеты конвективной и радиационной зон. Изучено экономическое обоснование данного мероприятия.

В качестве топлива для трубчатой печи П1/2 использовалась смесь флексигаса и топливного газа, в соотношении 65/35. Получившийся состав и параметры смеси для удобства свели в таблицу 1.

Таблица 1 – Состав топливного газа

Компонент	Молекулярная масса $M_i$ (г/моль)	Мольная (объемная) доля $g_i$	$M_i \times g_i$	$G_i$ , % масс
$CH_4$	16	0,0127	0,2032	1,3100
$C_2H_4$	28	0,000155	0,00434	0,0300
$H_2$	2	0,566	1,132	7,3100
$CO$	28	0,0979	2,7412	17,6900
$H_2S$	34	0,00045	0,0153	0,0990
$C_2H_6$	30	0,00357	0,1071	0,6900
$C_3H_6$	42	0,00012	0,00504	0,0330
$C_3H_8$	44	0,036	1,584	10,2200
$C_4H_{10}$	58	0,063	3,654	23,5900
$C_5H_{12}$	72	0,00015	0,0108	0,0700
$N_2$	28	0,18336	5,1008	33,1800
$CO_2$	44	0,0097	0,4268	2,7500

H <sub>2</sub> O	18	0,026	0,4680	3,0200
Сумма		<b>1,000</b>	<b>15,4926</b>	<b>100,000</b>

Теплота сгорания газообразного топлива (генераторного, доменного, коксового газов) равна сумме теплот горения газообразных горючих составляющих. При определении теплоты сгорания газа, следует использовать таблицы экзотермических эффектов реакций горения.

$$Q_{H_{CM}}^P = \sum_{i=1}^n Q_{ЭКi} \cdot r_i$$

$Q_{ЭКi}$  - экзотермический эффект  $i$ -го компонента при нормальных условиях, кДж/м<sup>3</sup>;

$r_i$  - объемная доля  $i$ -го компонента в составе газообразного топлива (в долях единицы от %). Низшая теплота сгорания топлива составила:

$$Q_{H_{CM}}^P = 18839 \text{ кДж} / \text{м}^3$$

Определили полезную тепловую нагрузку печи:

$$Q_{пол.} = 37,94 \text{ МВт}$$

Учитывая, что КПД составило 0,80, коэффициент полезного действия удовлетворяет пределу значений КПД для трубчатых печей (от 0,75 до 0,85).

Рассчитали полную тепловую нагрузку печи:

$$Q_m = \frac{Q_{пол.}}{\eta} = 47,43 \text{ МВт}$$

В результате, проведенных расчетов тепловой баланс трубчатой печи можно свести в таблицу 2.

Таблица 2- Тепловой баланс трубчатой печи

Статьи прихода тепла		Статьи расхода тепла		
$Q_p^H$ – Низшая теплотворная способность топлива, кДж/кг		$Q_{пол}$ – тепло, полезно воспринятое сырьем, кДж/кг	$Q_{ух}$ - тепло, теряемое с уходящими газами, кДж/кг	$Q_{пот}$ – потери в окружающую среду, кДж/кг
27263		21845,11	4600	817,89

На сегодняшний день, согласно расчетам и измерениям (уровня кислорода в дымовых газах), коэффициент избытка воздуха является чрезмерным для П-1/2, значение составляет 1,68 кг избыточного воздуха / кг топлива.

Коэффициент избытка воздуха для подобного сгорания, на смеси нового топливного газа имеет более низкие рабочие значения избытка воздуха для печи 1,15 кг избыточного воздуха / кг топлива. Снижение коэффициента приводит к уменьшению потерь тепловой энергии с дымовыми газами, печи (выходящие потери). Снижение выходящих потерь увеличит эффективность печи.

Во второй главе работы были выполнены технологические расчеты полезной поверхности теплообмена печи, работающей на новой топливной смеси. Результаты сравнили с паспортными данными печи П1/2.

Таблица 3 – Сопоставление расчетной и реальной поверхности теплообмена печей.

Печь П1/2 и ее секции	Полезная поверхность теплообмена по паспорту, м	Расчетная полезная поверхность, м2.	Усредненный типовой вариант, м2	Запас поверхности, %
Секция конвекции	1008	966	571,6	4,2
Секция радиации	779	747	820,6	4,1

Так же во второй главе была проведена оценка экономической эффективности от данного мероприятия. Экономика проекта строится на факте, что при переходе данной печи на топливную смесь, которая содержит (65% флексигаса и 35 % углеводородного газа, где расходы 3,978 т/ч и 2,142 т/ч соответственно) снизится потребление заводского газа на 65 процентов от количества, потребляемого на данный момент, а так же не будет нужды в закупке дополнительного природного газа.

Цены продуктов, взяты из данных на 2020 год. Таким образом, срок окупаемости затрат, внесенных в модернизацию печи составят:

$$O = \frac{C_y}{\Pi}$$

где,  $C_y$  – затраты,  $\Pi$  – прибыль, получаемая за год;

$$O \approx 2 \text{ года.}$$

Таким образом, кроме того, что печь П1/2 сможет работать в прежнем режиме на смеси газов, покрыв вложения за 2 года, вырабатываемого флексигаса установкой «Флексикокинг» хватит, полностью чтобы исключить расходы на закупку природного газа.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Установлен состав продуктов сгорания. Найдено фактическое количество воздуха необходимого для полного сгорания топлива:  $L = 9,95$  кг/кг. Количество продуктов сгорания, образующихся при сжигании 1 кг топлива:  $G = 10,95$  кг/кг. Низшая теплота сгорания топлива составила  $27263$  кДж/кг.

2. Определены: коэффициент полезного действия трубчатой печи  $0,80$ ; полезная тепловая нагрузка  $Q_{\text{пол}} = 37,94$  МВт; расход топлива, необходимый для работы печи  $V = 1,7$  кг/с.

3. При увеличении расхода топливного газа до  $1,7$  кг/с производится замена горелочных устройств с мощностью  $2,5$  МВт, с отдельной подачей топлива и естественной тягой воздуха.

4. Выполнены экономические обоснования при использовании топливной смеси в печи. Окупаемость работ - 2 года.

5. По материалам выполненной работы опубликована одна статья в журнале « Нефтепереработка и нефтехимия» и две статьи в научных сборниках.