

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет
имени К.И. Сатпаева

Институт Химических и биологических технологий

Кафедра Химической и биохимической инженерии

Оспанова Айгерим Даниярқызы

«Проект установки замедленного коксования нефтяных остатков с целью
повышения выхода светлых нефтепродуктов и улучшением качества кокса»

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
к дипломному проекту

Специальность 5B072100 – Химическая технология органических веществ

Алматы 2021

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАНА

Казахский национальный исследовательский технический университет
имени К.И. Сатпаева

Институт Химических и биологических технологий

Кафедра Химической и биохимической инженерии

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой
«Химическая и
биохимическая инженерия»
PhD, ассоциированный профессор
_____ Х.С.Рафикова
«16» мая 2021 г.

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

к дипломному проекту

На тему: «Проект установки замедленного коксования нефтяных остатков с
целью повышения выхода светлых нефтепродуктов и улучшением качества
кокса»

по специальности 5B072100– Химическая технология органических веществ

Выполнил



Оспанова А.Д.

Научный руководитель



PhD, ассистент-профессор
Наурызова С.З.

Алматы 2021

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет
имени К.И.Сатпаева

Институт Химических и биологических технологий
Кафедра «Химическая и биохимическая инженерия»

5B072100 – «Химическая технология органических веществ»

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой Химическая и биохимическая инженерия
PhD, ассоциированный профессор


_____ Х.С. Рафикова
подпись

“7” декабря 2020г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломного проекта

Обучающемуся Оспановой А.Д.

Тема: Проект установки замедленного коксования нефтяных остатков с целью повышения выхода светлых нефтепродуктов и улучшением качества кокса

Утверждена приказом Ректора Университета №2131–б от “24” ноября 2020г.

Срок сдачи законченной работы “16” мая 2021г.

Исходные данные к дипломной работе:

Производительность-600000т/г, сырье- гудрон.

Перечень подлежащих разработке в дипломном проекте вопросов:

а) *технологические расчеты*

б) *вопрос автоматизации процесса*

в) *вопросы безопасности жизнедеятельности и охраны труда*

г) *расчет экономической эффективности разработки*

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей): *представлены 13 слайдов презентации работы*

Рекомендуемая основная литература: *из 17 наименований*

ГРАФИК

подготовки дипломной работы (проекта)

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечание
Литературный обзор	24.12.2020	
Технологическая часть	13.01.2021	
Технологические расчеты	11.02.2021	
Автоматизация процесса	7.03.2021	
Охрана окружающей среды	26.03.2021	
Охрана труда	19.04.2021	
Экономическая часть	3.05.2021	

Подписи

консультантов и нормоконтролера на законченную дипломную работу (проект) с указанием
относящихся к ним разделов работы (проекта)

Наименования разделов	Консультанты, И.О.Ф. (уч. степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Нормоконтролер	Хабиев А.Т.	15.05.21	

Научный руководитель  Наурызова С.З.

Задание принял к исполнению обучающийся  Оспанова А.Д.
подпись Ф.И.О.

АННОТАЦИЯ

Жұмыс 36 беттен, 5 сурет, 14 кесте, 17 қолданылған әдебиеттерден тұрады.

Түйінді сөздер: баяу кокстеу, мұнайды өндеу, ауыр мұнай қалдықтары, гудрон, кокс, дистиллятты өнімдер.

Жұмыста келесі бөлімдер қамтылды: әдебиеттік шолу, технологиялық бөлім, технологиялық есептеулер, автоматизация, қоршаған ортаны қорғау, еңбекті қорғау және экономикалық бөлім.

Жұмыстың мақсаты: ашық түсті мұнай өнімдерінің (бензин, жеңіл және ауыр газойлдар) шығуын арттыру және алынатын кокстың сапасын жақсарту арқылы баяу кокстеу қондырғысының жобасын әзірлеу.

Осы мақсатқа жету үшін келесі міндеттер қойылды:

- өнеркәсіпте қолданылатын кокстеу технологияларын талдау;
- таңдалған әдіс үшін қондырғының технологиялық, конструктивті және экономикалық есебін жүргізу.

Зерттеу объектісі: Теңіз кен орнының гудрон

Зерттеу пәні: ашық түсті мұнай өнімдерінің қасиеттері және кокс сапасын жақсарту

Жұмыс барысында келесі есептеулер жүргізілді: материалдық баланс бойынша өнімдердің көлемі анықталды, жылулық баланс негізінде отын шығыны есептелді, конструктивті есептеулер жүргізіліп, негізгі аппарат таңдалды.

Жобаның нәтижелері: техникалық және экономикалық есептеулермен негізделген баяу кокстеу қондырғысы ұсынылады.

АННОТАЦИЯ

Работа содержит 36 страниц, 5 рисунков, 14 таблиц, 17 использованных источников.

Ключевые слова: замедленное коксование, переработка нефти, тяжелые нефтяные остатки, гудрон, кокс, дистиллятные продукты.

Работа состоит из 7 разделов: литературный обзор, технологическая часть, технологические расчеты, автоматизация, охрана окружающей среды, охрана труда и экономические расчеты.

Цель работы: разработать проект установки замедленного коксования с повышением выхода светлых нефтепродуктов (бензина, легкого и тяжелого газойлей) и улучшением качества получаемого кокса.

Для достижения указанной цели были поставлены следующие *задачи*:

- проанализировать применяемые в промышленности технологии коксования;
- провести технологический, конструктивный и экономический расчет установки для выбранного метода.

Объект исследования: гудрон месторождения Тенгиз

Предмет исследования: характеристики светлых нефтепродуктов и улучшение качества кокса

В работе произведены следующие расчеты: материальный баланс, на основе которого определен объем продуктов, тепловой баланс, позволивший определить расход топлива, конструктивный расчет, по которому подобран основной аппарат.

Результаты проекта: будет предложена, обоснованная технико-экономическими расчетами установка замедленного коксования гудрона месторождения Тенгиз.

ABSTRACT

The work contains 36 pages, 5 figures, 14 tables, 17 sources used.

Key words: delayed cooking, oil refinery, heavy oil residues, tar, coke, distillate products.

The work consists of 7 sections: literature review, technological part, technological calculations, automation, environmental protection, labor protection and economic calculations.

The purpose of the work: to develop a project for a delayed coking plant with an increase in the yield of light petroleum products (gasoline, light and heavy gas oils) and an improvement in the quality of the resulting coke.

To achieve this goal, the following tasks were set:

- to analyze the coking technologies used in the industry;
- to perform a technological, structural and economic calculation of the installation for the selected method.

Object of research: Tengiz field tar

Subject of research: characteristics of light petroleum products and improvement of coke quality.

The following calculations were made: the material balance, on the basis of which the volume of products was determined, the thermal balance, which allowed to determine the fuel consumption, the design calculation, according to which the main device was selected.

Project results: the installation of delayed coking of tar from the Tengiz field, based on technical and economic calculations, will be proposed.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	9
1 Литературный обзор	10
1.1 Термические процессы переработки нефтяного сырья	10
1.2 Назначение процесса коксования	11
2 Технологическая часть	13
2.1 Характеристика сырья и готовой продукции	13
2.2 Технологическая схема процесса	14
3 Технологические расчёты	18
3.1 Материальный баланс	18
3.2 Тепловой баланс	19
3.3 Конструктивный расчёт проектируемого аппарата	21
3.3.1 Размер камер коксования	21
3.3.2 Расчёт штуцеров	22
4 Автоматизация процесса	24
5 Охрана окружающей среды	26
6 Охрана труда	27
7 Экономическая часть	28
7.1 Эффективный фонд времени работы установки	28
7.2 Расчет капитальных затрат	29
7.3 Расчет основных технико-экономических показателей	33
Заключение	35
Список использованной литературы	36

ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день, в связи с истощением запасов легких и средних нефтей, переработка высоковязких тяжелых нефтей является важной и актуальной проблемой для нефтеперерабатывающей промышленности. Мировые запасы тяжелых нефтей составляют 750 млрд. т., что намного превышает ресурсы легких нефтей [1]. Добыча такой нефти довольно дорогостоящий и сложный процесс, и, так как традиционные технологии при этом являются не рентабельными, необходимо разрабатывать новые эффективные схемы переработки тяжелых высоковязких нефтей. В них в большом количестве содержатся асфальтены, смолы, тяжелые металлы и соединения серы. Также они характеризуются высокой вязкостью и плотностью, и высокой коксуемостью. Это все усложняет процессы переработки. Поэтому с экономической точки зрения целесообразно развивать новые технологии, которые позволят получать качественные нефтепродукты с высокой разницей рыночной цены от себестоимости.

Одним из таких процессов, которые обеспечивают глубокую переработку нефти является замедленное коксование. Цель этого процесса заключается в получении нефтяного кокса, применяемого в дальнейшем в металлургической и др. промышленности в качестве электродов, и дистиллятных нефтепродуктов (газ, бензин, газойль). Электродный кокс производят только 20% заводов, низкосортный топливный примерно 80%, а игольчатый кокс вообще не выпускается в нашей стране [2]. Однако стоимость кокса очень низкая, даже ниже стоимости котельного топлива. Хотя раньше кокс и считался побочным продуктом данного процесса, на сегодняшний день мировой рынок кокса активно развивается и по прогнозам в ближайшем будущем его производство будет свыше 100 млн. т в год [2].

1 Литературный обзор

1.1 Термические процессы переработки нефтяного сырья

Все процессы переработки нефтяного сырья делятся на две большие группы: первичные и вторичные процессы. Первичные процессы протекают без изменения химической структуры углеводородов. К ним можно отнести такие процессы как обессоливание и обезвоживание нефти, стабилизация нефти, перегонка и др. Вторичные процессы в свою очередь протекают с изменением строения входящих в состав нефти углеводородов. Они делятся на термические и термокаталитические процессы. Вторичные процессы позволяют получать новые вещества, которых в исходной нефти не было. Это намного разнообразило области применения нефти как химического сырья [3].

Термические процессы – это химическое превращение сырья в результате реакций крекинга и уплотнения, которые осуществляются за счет повышенных температур и без участия катализаторов. В целом на технологию, качество готовой продукции, материальный баланс и др показатели влияют такие параметры как качество исходного сырья, давление, температура и длительность термолиза [4]. В современной нефтеперерабатывающей промышленности широкое распространение получили следующие процессы:

1 *Термический крекинг* (проводится при 500-550°C и 2-4 МПа), который позволил в дополнении к прямогонному бензину получать бензин из тяжелых фракций. Однако на сегодняшний день применяется в основном только для термической подготовки сырья [5].

2 *Коксование* (проводится при 470-540°C), применяется для производства нефтяного кокса и дистиллятных фракций [5].

3 *Пиролиз* (проводится при 750-800°C), применяется для получения олефинсодержащих газов (этилен, пропилен), которые в дальнейшем применяются в качестве сырья различных химических синтезов [5].

4 *Процесс получения технического углерода* (очень высокотемпературный процесс >1200°C), применяется для получения твердого высокодисперсного углерода [5].

5 *Процесс получения нефтяных битумов* (проводится при 250-300°C) – продолжительный процесс окислительной дегидроконденсации тяжелых нефтяных остатков [5].

Термическая переработка нефти – это очень сложный химический процесс. Так как в состав сырья входит множество индивидуальных компонентов, предсказать изменения каждого из них в результате высоких температур невозможно. По этой причине эти изменения в ходе процесса рассматриваются по групповому или компонентному составу и по выходу целевых продуктов: газ, бензин, кокс и т.д. Реакции, протекающие в термических процессах можно характеризовать для определенных классов углеводородов. При термических

процессах протекают следующие основные реакции: распад, полимеризация, конденсация, деалкилирование, дециклизация, дегидрирование, реакции глубокого уплотнения. От глубины этих реакций и зависят качество, химический состав и выход целевых продуктов. А степень превращения сырья зависит не только от природы самого сырья, но и от параметров процесса [4].

Термические процессы при высоких температурах с разрывом С-С связей протекают по цепному свободно-радикальному механизму. Они состоят из трех стадий:

- 1) Инициирование цепи (зарождение радикалов);
- 2) Рост цепи
- 3) Обрыв цепи

Образование продуктов уплотнения протекает через алкильные и бензильные радикалы. Последовательность и тип получаемых продуктов уплотнения приведен на рисунке 1 [3].

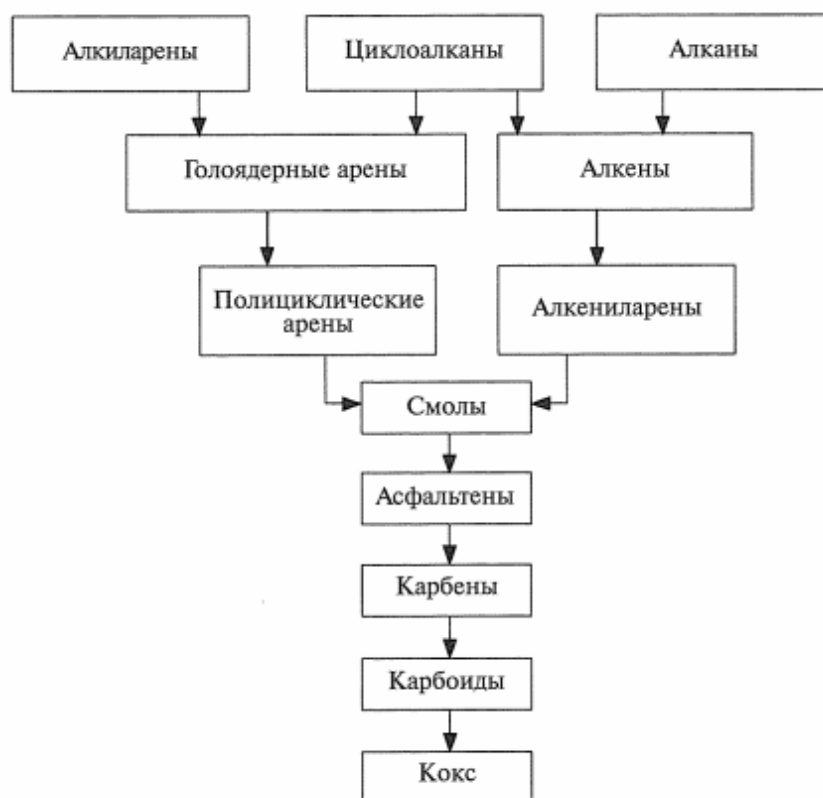


Рисунок 1- Схема реакций уплотнения

1.2 Назначение процесса коксования

Одним из самых широко распространенных термических процессов переработки нефтяного сырья почти во всех странах, в том числе и в нашей, является процесс замедленного коксования. Он дает возможность перерабатывать разнообразные тяжелые нефтяные остатки, как прямогонные, так и такие остатки как асфальты и экстракты масляного производства, и тем самым производить различные продукты, которые в дальнейшем применяются в

народном хозяйстве. Коксование – высокотемпературное расщепление нефтяных остатков, которое может быть использовано с целью получения нефтяного кокса, светлых нефтепродуктов или совмещением обеих целей [3]. Однако образование кокса при крекинге препятствует углублению процесса переработки. Выход светлых нефтепродуктов при этом процессе обычно является не выше 35-40%, на тех установках, которые работают в режиме висбрекинга этот показатель бывает еще меньше [4]. Вместе с конечным продуктом крекинга коксом образуются также бензин, легкий и тяжелый газойль и газ.

Главным назначением установки замедленного коксования является производство крупно-кускового нефтяного кокса. Самые значительные потребители такого нефтяного кокса на мировом рынке – это производства анодной массы и различных обожженных анодов для металлургической (алюминиевой) промышленности и графитированных электродов для электросталеплавления [5].

Процесс замедленного коксования обладает рядом преимуществ [8]:

- 1) полное превращение остаточного сырья и ликвидация производства остаточного котельного топлива;
- 2) технологическая гибкость, которая дает возможность перерабатывать различные виды сырья с высоким содержанием асфальтенов, коксового остатка, металлов и в тоже время получать продукты, которые отвечают соответствующим спецификациям, и которые очень легко добавляются в технологическую схему переработки нефти на НПЗ для получения экологически чистых моторных топлив;
- 3) почти что полная деметаллизация;
- 4) небольшие капиталовложения и расходы на техобслуживание и эксплуатацию;
- 5) процесс хорошо освоен.

При процессе замедленного коксования нагретое до высоких температур (470 - 510 °С) сырье подаётся в большие коксовые камеры, где протекают реакции термического крекинга с образованием кокса и газообразных продуктов. Пары продуктов коксования непрерывно подаются во фракционирующую колонну на разделение, а кокс периодически выгружается из камеры. В зависимости от сырья, на выходе с установки получают до 60% дистиллятных фракций (нафта, легкий и тяжелый газойли) и различные виды кокса, такие как топливный, анодный, игольчатый. Особенностью данного способа коксования является возможность получения различных продуктов, в том числе и дефицитного малозольного низкосернистого кокса, за счет изменения технологических параметров и состава сырья. Из-за указанных достоинств процесс замедленного коксования является наиболее рентабельной и перспективной технологией по переработке нефтяных остатков и получил наибольшее распространение [6].

2 Технологическая часть

2.1 Характеристика сырья и готовой продукции

Сырьем УЗК являются тяжелые нефтяные остатки, например, гудроны, асфальты и экстракты с установок масляного производства, смолы пиролиза. Также могут быть использованы каменноугольные пеки, сланцевая смола, тяжелые нефти битуминозных песков и др [5]. Главные показатели качества сырья – коксуемость по Конрадсону, содержание серы и золы, вязкость, плотность и групповой химический состав. Остатки, являющиеся сырьем коксования, состоят из высокомолекулярных углеводородов, смолисто-асфальтовых веществ, карбенов и карбоидов. Соотношение между составляющими сырья зависит от происхождения нефти, температуры и продолжительности процесса, при котором был получен остаток. Коксуемость и соответственно выход кокса при коксовании будет выше, если в сырье будет больше смолисто-асфальтовых веществ. Экономически выгоднее, чтобы коксуемость сырья была не менее 10%. Но слишком высокое содержание смолисто-асфальтовых веществ в сырье также является нежелательным, так как коксуемость превышает 20% и это в свою очередь может привести к быстрому закоксовыванию печей, что подразумевает частые остановки установки [4]. Для производства кокса, используемого в специальных целях, необходимо особенно тщательно подбирать сырье, используя для коксования крекинг-остатки, полученные термическим крекингом дистиллятных продуктов, смолы пиролиза и т. п. В основном покупателям нефтяного кокса необходим кокс с низким содержанием серы, следовательно, для этого процесса следует брать остатки, содержащие не более 0,5—0,8% серы. На данный момент как таковых промышленных процессов очистки от серы еще нет, поэтому целесообразно строить УЗК вблизи к источникам малосернистого сырья [4].

Коксуемость сырья определяет прежде всего выход кокса, который практически линейно изменяется в зависимости от этого показателя. При замедленном коксовании остаточного сырья выход кокса составляет 1,5...1,6 от коксуемости сырья.

В качестве сырья в данном проекте был рассмотрен гудрон месторождения Тенгиз, которое расположено на северо-восточном побережье Каспийского моря, в 150 км от г. Атырау. Нефть данного месторождения является легкой, парафинистой, с небольшим содержанием смолисто-асфальтовых веществ. Содержание ванадия и никеля также мало. Отличительной чертой этой нефти является высокое содержание меркаптанов. С повышением температуры кипения фракции содержание меркаптанов уменьшается. В таблице 1 ниже приведены физико-химические показатели гудрона месторождения Тенгиз [9].

Таблица 1 - Физико-химические характеристики гудрона

ρ_4^{20}	0,9476
Вязкость, мм ² /с, при	
50°С	37,85
80°С	5,04
100°С	2,54
Температура, °С	
плавления	42
вспышки	270
Содержание серы, %	0,6ё
Зольность, %	0,9448
Коксуемость, %	8,6

Продуктами УЗК помимо кокса являются газ, бензин, легкий и тяжелый газойль. Состав *газа* коксования похож на состав газа термического крекинга, однако содержит несколько меньше олефиновых углеводородов. Если проводить процесс при более высокой температуре (520-540°С) содержание непредельных углеводородов будет расти с 45 до 52%.

Бензин содержит большое количество олефинов, поэтому является недостаточно химически стабильным. Октановое число бензинов замедленного коксования составляет 68—72 пункта.

Керосино-газойлевые фракции (180—350°С, 350—450°С) применяются в качестве компонентов газотурбинного топлива и сырья каталитического крекинга. Фракция 180 —350 °С может быть направлена в дизельное топливо.

Тяжелый газойль (фракция выше 450°С) используется как компонент котельного топлива.

Нефтяной кокс может быть использован в различных отраслях народного хозяйства: производства электродов, абразивных материалов, карбидов, углеграфитовых материалов, ферросплавов. Так как спрос на нефтяной кокс постоянно растет, с каждым годом строятся новые УЗК. На сегодняшний день в мире вырабатывается свыше 15 млн. т/год нефтяного кокса. В нашей стране также производство кокса выросло в 5,5 раз за последние 10 лет.

2.2 Технологическая схема процесса

Процесс коксования может быть проведен несколькими способами: периодическим в горизонтальном обогреваемом реакторе, полунепрерывным (замедленное коксование) в необогреваемых коксовых камерах, непрерывным (коксование в псевдоожиженном слое). Самым востребованным из этих трех модификаций процесса является замедленное коксование. Процесс замедленного коксования – это полунепрерывный процесс, так как подача сырья

и получение продуктов происходит непрерывно, а выгрузка кокса из коксовых камер имеет периодический характер.

Установка замедленного коксования (УЗК) состоит из нескольких блоков: нагревательный блок, реакционный блок, фракционирующий блок и блок для выгрузки и сортировки кокса [3].

Процесс замедленного коксования отличается тем, что сырье нагревают в трубчатой печи до 500°C, после чего направляют его в необогреваемую коксовую камеру (реактор), где это сырье в течение долгого времени и за счет аккумулированного им тепла коксуется. С верхней части коксовой камеры получают потоки легких дистиллятов. После того как камера наполнится коксом примерно на 70-90% поток сырья направляют во вторую камеру и снизу отключенной происходит выгрузка кокса [4]. В таблице 2 приведены технологические параметры процесса [8].

Нынешние УЗК смотря на производительность могут быть одно-, двух- или трехблочными (по две коксовых камеры в каждом из блоков) и иметь разную производительность печей.

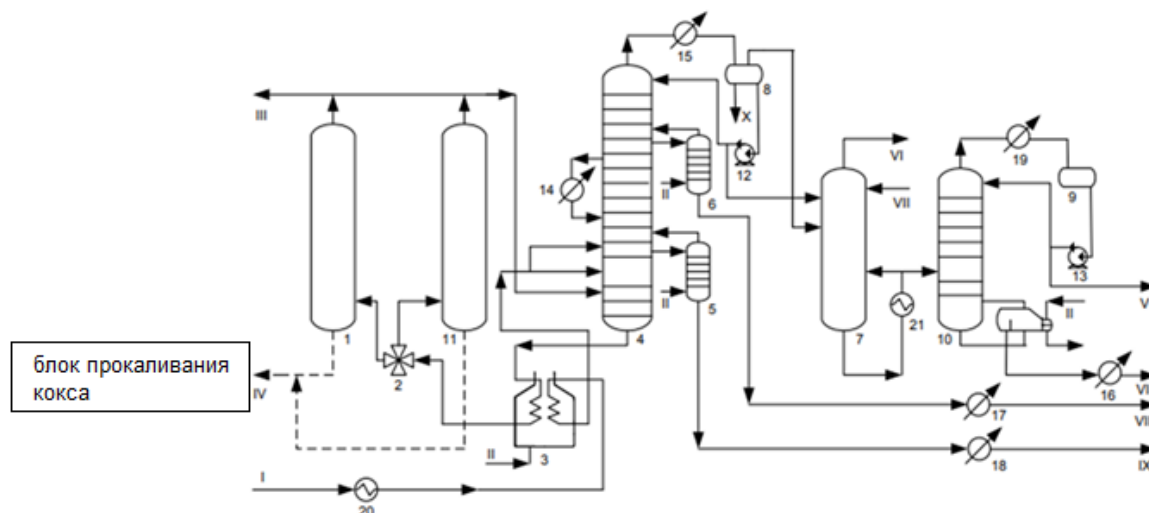
При выборе технологической схемы надо рассматривать возможность обеспечения необходимой производительности установки по сырью, выходу и качеству получаемых основных продуктов при допустимых технико-экономических показателях. На рисунке 2 предоставлена технологическая схема установки замедленного коксования [8].

Таблица 2- Технологический режим установки

Температура входа сырья в камеры, °C	490
Температура выхода паров из камеры, °C	440
Давление в коксовой камере, МПа	0,4
Коэффициент рециркуляции	1,2

Сырье нагревается в теплообменнике 20 и трубчатой печи 3 и подается на нижнюю каскадную тарелку колонны 4 для регулировки коэффициента рециркуляции. Под эту тарелку подаются горячие газы и пары из коксовых камер. За счет контакта сырья с этим потоком газов и паров сырье нагревается (до температуры 390-405°C), при этом низкокипящие фракции испаряются, а высококипящие пары конденсируются, смешиваются с сырьем и получается «вторичное сырье». Это вторичное сырье с нижней части ректификационной колонны забирают печным насосом и отправляют в змеевики печи 3. Там оно нагревается до 490-510°C и поступает в камеру 1 (когда из камеры 11 выгружается кокс). Входя в нижнюю часть камеры 1, нагретое сырье постепенно заполняет ее и происходит крекинг. Пары из камеры 1 все время отгоняются в колонну 4. Колонна 4 делится на две части: нижнюю, которая является конденсатором смешения, а не отгонной секцией колонны, и верхнюю, которая несет функцию концентрационной секции ректификационных колонн. В верхней секции колонны 4 продукты процесса отделяются друг от друга. Легкий газойль

выводится через отпарную колонну 5, а тяжелый через 6. Газы и нестабильный бензин через сепаратор 8 отправляется в абсорбер 7, где они разделяются. Нестабильный бензин далее направляется в колонну стабилизации бензина 10 и от него отделяется пропан-бутановая фракция. Стабильный бензин охлаждается и очищается от сернистых соединений [8].



1,11 – камеры коксования, 2- четырехходовой кран, 3- печь, 4- ректификационная колонна, 5,6- отпарные колонны, 7- фракционирующий абсорбер, 8,9- сепаратор, 10- колонна стабилизации бензина, 12,13 – насосы, 14,15,16,17,18,19- холодильники, 20,21- теплообменники;
I- сырье, II- водяной пар, III- пары отпарки камер, IV- кокс, V- головка стабилизации, VI- газ, VII- стабильный бензин, VIII- легкий газойль, IX- тяжелый газойль, X- конденсат

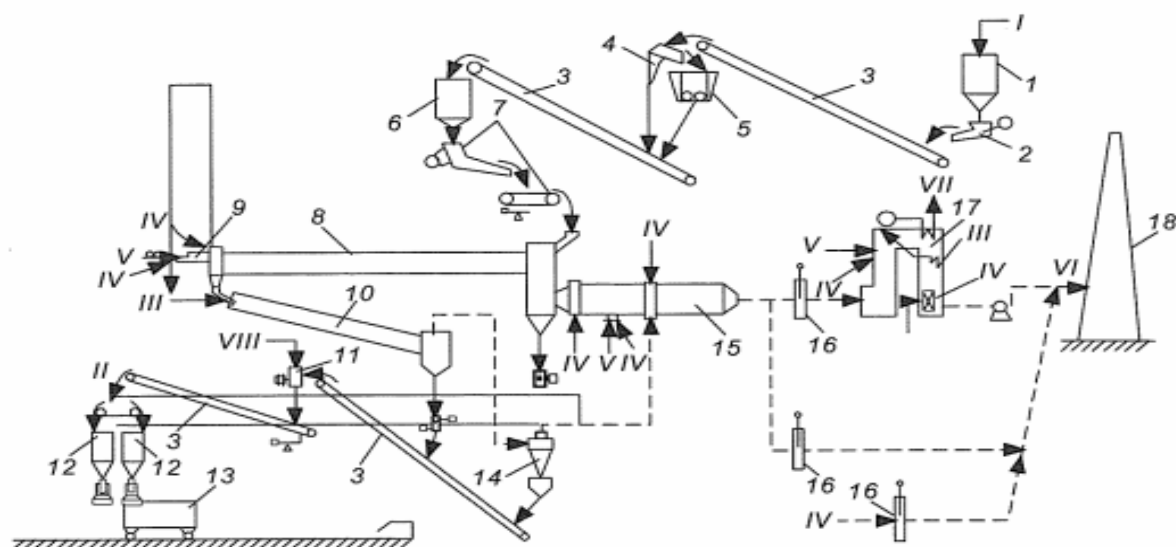
Рисунок 2 - Принципиальная технологическая схема двухблочной установки замедленного коксования

В коксовых камерах поочередно протекают следующие циклы: коксование, охлаждение кокса, выгрузка кокса и разогрев камер. Заполненная камера продувается водяным паром, тем самым удаляются жидкие продукты и нефтяные пары, которые после этого направляются в ректификационную колонну 4. Полученный кокс охлаждают до 200°С с помощью водяного пара и выгружают из камеры гидравлическим методом [8].

Для улучшения качества нефтяного кокса перед отправлением к потребителям его прокаливают, т.е. подвергают высокотемпературной (1000-1500°С) обработке без доступа воздуха [8]. При этом удаляются влага, летучие вещества и некоторое количество серы, тем самым достигаются требуемые физико-химические показатели и улучшается углеродистая структура.

На рисунке 3 показана схема прокаливания кокса [3]. Сначала сырой кокс через конвейер 3 отправляется из бункера 1 в дробилку 5 и измельчается там. После этого измельченный кокс собирается в бункере 6, направляется на весодозатор 7 и в печь 8, там собственно и происходит прокаливание кокса. Далее

его охлаждают в охладителе 10 и направляют в вагон 13. Коксовая пыль собирается и дожигается в печи 15.



- 1-бункер сырого кокса; 2,4- питатель; 3- ленточный конвейер; 5-дробилка; 6- бункер-накопитель; 7- весы-дозатор; 8- барабанная печь; 9- горелка; 10- охладитель кокса; 11- узел обмасливания; 12- бункер прокаленного кокса; 13- вагон-хоплер; 14- циклон; 15- печь дожига; 16- гильотинная заслонка; 17- котел-утилизатор; 18- дымовая труба;
- I- сырой кокс; II- прокаленный кокс; III- вода; IV- воздух; V-топливный газ; VI- дымовые газы; VII-перегретый газ; VIII- обмасливающий продукт

Рисунок 3 - Технологическая схема прокаливания кокса

3 Технологические расчёты

3.1 Материальный баланс

Исходные данные:

Годовая производительность по сырью (гудрону) – 600 000 т/год

Количество рабочих дней – 355 дней

Производительность за сутки: $G_c = 600\,000 : 355 = 1\,690$ т/сут.

Количество гудрона в кг/ч находим по формуле 1:

$$G_c = \frac{G_c \cdot 1000}{24} \quad (1)$$
$$G_c = \frac{1690 \cdot 1000}{24} = 70\,416,7 \text{ кг/ч}$$

Выход кокса, $X_k - 24\%$

Найдем коксуюемость по следующей формуле 2:

$$X_k = 2 + 1,66 \cdot K, \text{ отсюда } K = \frac{X_k - 2}{1,66} \quad (2)$$
$$K = \frac{24 - 2}{1,66} = 13,25$$

Найдем выход кокса и газа в % по формуле 3:

$$X_{k+г} = 5,5 + 1,76 \cdot K \quad (3)$$

$$X_{k+г} = 5,5 + 1,76 \cdot 13,25 = 28,82$$

Найдем выход газа в % по формуле 4:

$$X_g = X_{k+г} - X_k = 28,82 - 24 = 4,82 \% \quad (4)$$

Найдем выход бензина из % объёмных в % масс:

$$\frac{100 \text{ м}^3}{11 \text{ м}^3} \frac{100\% \text{ об.}}{11\% \text{ об.}}$$

$$m_c = v \cdot \rho \quad (5)$$

$$m_c = 100 \text{ м}^3 \cdot 947,6 \text{ кг/м}^3 = 94760 \text{ кг}$$

Найдем массу бензина через объём бензина, получающегося из 100 м³ сырья:

$$\rho_6 = 750 \text{ кг/м}^3$$

$$\rho_4^{20} = 0,75$$

$$\rho_v = 0,75 \cdot 1000 = 750 \text{ кг/м}^3$$

$$m_6 = 11 \text{ м}^3 \cdot \frac{750 \text{ кг}}{\text{м}^3} = 8250 \text{ кг}$$

94760 кг сырья – 100%

8250 кг бензина – X%

$$X_6 = \frac{8250 \cdot 100}{94760} = 8,7\%$$

Выход бензина составил: $X_6=8,7\%$

Найдем выход газойля по формуле 6:

$$X_K + X_G + X_6 + X_{\text{газойль}} = 100\% \quad (6)$$

$$X_{\text{газойль}} = 100 - (X_K + X_G + X_6)$$

$$X_{\text{газойль}} = 100 - (24 + 4,82 + 8,7) = 62,48\%$$

Найдем количество получаемых продуктов по формуле 7:

$$G = \frac{G_c \cdot X}{100} \quad (7)$$

1. Выход кокса:

$$G_K = \frac{70\,416,7 \cdot 24}{100} = 16\,900 \text{ кг/ч}$$

2. Выход газа:

$$G_G = \frac{70\,416,7 \cdot 4,82}{100} = 3\,394,08 \text{ кг/ч}$$

3. Выход бензина:

$$G_6 = \frac{70\,416,7 \cdot 8,7}{100} = 6\,126,25 \text{ кг/ч}$$

4. Выход газойля:

$$G_{\text{газойль}} = \frac{70\,416,7 \cdot 62,48}{100} = 43\,996,35 \text{ кг/ч}$$

Все полученные значения сведены в таблицу 3 материального баланса.

Таблица 3 - Материальный баланс процесса

Приход	кг/ч	т/Г	%	Расход	кг/ч	т/Г	%
Гудрон	70 416,7	616 850,3	100,0	Кокс	16 900	148 044	24
				Газ	3 394,08	29 732,14	4,82
				Бензин	6 126,25	53 665,9	8,7
				Газойль	43 996,35	385 408	62,48
Итого:	70 416,7	616 850,3	100,0	Итого:	70 416,7	616 850,3	100,0

3.2 Тепловой баланс

Тепло, пришедшее в камеру, равно теплу, ушедшему из камеры согласно формуле 8:

$$Q_{\text{прих}} = Q_{\text{расх}} \quad (8)$$

В свою очередь пришедшее тепло рассчитывается по формуле 9:

$$Q_{\text{прих}} = G_c \cdot C_c \cdot t_1 \quad (9)$$

где:

G_c – количество сырья, подаваемое в камеру, кг/ч

$G_c = 70\,416,7 \text{ кг/ч}$

C_c – теплоёмкость сырья, кДж/кг·К

Найдем теплоемкость сырья через относительную плотность ρ_{15}^{15} и температуру, с которой сырьё подается в камеру коксования:

- 1) α – средняя температурная поправка
 $\alpha = 0.000581$ [7].

$$\begin{aligned}\rho_4^{20} &= \rho_{15}^{15} - 5\alpha \\ \rho_{15}^{15} &= \rho_4^{20} + 5\alpha \\ \rho_{15}^{15} &= 0,9476 + 5 \cdot 0,000581 = 0,9505\end{aligned}\quad (10)$$

- 2) t_1 – температура на входе в камеру, К:
 $t_1 = 490 + 273 = 763\text{ К}$

- 3) По номограмме определим теплоемкость
 $C_c = 2.55$ кДж/кг·К [7].

Ушедшее из камеры коксования тепло рассчитывается по формуле 11:

$$Q_{\text{расх}} = G_c q_{\text{реак}} + G_k C_k t_2 + G_{\text{прод}} C_{\text{прод}} t_2 + Q_{\text{прих}} \cdot 0,018 \quad (11)$$

где

G_c – массовый расход сырья, кг/ч

$q_{\text{реак}}$ – теплота реакции, кДж/кг сырья

$q_{\text{реак}} = 120$ кДж/кг сырья

G_k – массовый выход кокса, кг/ч

$G_k = 16\,900$ кг/ч

C_k – удельная теплоёмкость кокса, кДж/кг·К

$C_k = 1.25$ кДж/кг·К [3]

t_2 – температура на выходе из камеры, К

$G_{\text{прод.}}$ – массовый выход продуктов, кг/ч

$G_{\text{прод.}} = 53\,516,7$ кг/ч

$C_{\text{прод.}}$ – удельная теплоёмкость продуктов, кДж/кг·К

$C_{\text{прод.}} = 2,9$ кДж/кг·К [7]

$0.018 \cdot Q_{\text{прих.}}$ – потери в окружающую среду

$$Q_{\text{прих}} = Q_{\text{расх}}$$

Из этого равенства по формуле 12 найдем температуру на выходе из камеры:

$$t_2 = \frac{G_c \cdot C_c \cdot t_1 - (G_c \cdot q_{\text{реак}} + Q_{\text{прих}} \cdot 0,018)}{G_k \cdot C_k + G_{\text{прод}} \cdot C_{\text{прод}}} \quad (12)$$

$$t_2 = \frac{70416,7 \cdot 2,55 \cdot 763 - (70416,7 \cdot 120 + 70416,7 \cdot 2,55 \cdot 763 \cdot 0,018)}{16900 \cdot 1,25 + 53516,7 \cdot 2,9} = 715,11 \text{ К}$$

$$t_2 = 715,11 - 273 = 442,11 \text{ °С}$$

$$G_T = \frac{512,2}{2,164 \cdot 763} = 0,31 \text{ кг/ч}$$

Все полученные значения внесены в таблицу 4 теплового баланса.

Таблица 4 - Тепловой баланс

Продукт	Взято			Продукты	Получено		
	t, °C	G, кг/ч	Q _{прих} , кДж/ч		t, °C	G, кг/ч	Q _{расх} , кДж/ч
гудрон	490	70416,7	137006252,4	Кокс	442,1	16900	137006764,6
водяной пар	490	0,31	512,2	Газ Бензин Газойль		53516,7	
Итого			137006764,6	Итого			

3.3 Конструктивный расчёт проектируемого аппарата

3.3.1 Размер камер коксования

1) Сначала надо найти объём образующегося кокса (v'_k , м³/сут) по формуле 13:

$$v'_k = \frac{G_k}{\rho_k} \quad (13)$$

$$G_k = 405,6 \text{ т/сут}$$

$$\rho_k = 0,75 \text{ т/м}^3$$

$$v'_k = \frac{405,6}{0,75} = 540,8 \text{ м}^3/\text{сут}$$

2) Теперь найдем реакционный объём камер (v_p , м³) по формуле 14:

$$v_p = \frac{v_c}{\omega} \quad (14)$$

$$\omega = 0,14 \text{ ч}^{-1}$$

Для этого надо определить объём сырья по следующей формуле 15:

$$v_c = \frac{G_c}{\rho_c} \quad (15)$$

$$v_c = \frac{70416,7}{947,6} = 74,31 \text{ м}^3/\text{ч}$$

$$v_p = \frac{74,31}{0,14} = 530,79 \text{ м}^3/\text{ч}$$

3) Определим сечение камеры (F, м²) через формулу (16):

$$F = \frac{v_n}{U} \quad (16)$$

$$v_n = 2,8 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$U = 0,1 \text{ м/с}$$

$$F = \frac{2,8}{0,1} = 28 \text{ м}^2$$

4) Теперь по формулам 17, 18 найдем диаметр:

$$D = \sqrt{\frac{4V}{\pi \cdot U}} \quad (17)$$

$$D = \sqrt{\frac{4F}{\pi}} \quad (18)$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 28}{3,14}} = 5,57 \text{ м}$$

Принимаем стандартный диаметр колонны $D=5,5\text{м}$ [7].

- 19: 5) Определим высоту цилиндрической части камеры ($h_{\text{ц}}$, м) по формуле

$$h_{\text{ц}} = \frac{v_{\text{п}}}{F} \quad (19)$$

$$h_{\text{ц}} = \frac{530,79}{28} = 19 \text{ м}$$

- 6) Определим объем кокса ($v_{\text{к}}$, $\text{м}^3/\text{ч}$) по формуле 20:

$$v_{\text{к}} = \frac{v'_{\text{к}}}{24} \quad (20)$$

$$v_{\text{к}} = \frac{540,8}{24} = 22,5 \text{ м}^3/\text{ч}$$

- 7) Найдем приращение высоты коксового слоя ($h_{\text{к}}$, м/ч) по формуле 21:

$$h_{\text{к}} = \frac{v_{\text{к}}}{F} \quad (21)$$

$$h_{\text{к}} = \frac{22,5}{28} = 0,8 \text{ м/ч}$$

- 8) Найдем высоту коксового слоя в заполненной коксом камере (h_1 , м) по формуле 22:

$$h_1 = h_{\text{к}} \cdot \tau \quad (22)$$

$$h_1 = 0,8 \cdot 24 = 19,2 \text{ м}$$

- 24: 9) Найдем высоту вспученной массы в камере (h_2 , м) по формулам 23,

$$h_2 = K_{\text{вс}} \cdot h_{\text{к}} \quad (23)$$

$$K_{\text{вс}} = 4,5 + 0,11(486 - t) \quad (24)$$

$$K_{\text{вс}} = 4,5 + 0,11(486 - 490) = 4,06$$

$$h_2 = 4,06 \cdot 0,8 = 3,25 \text{ м}$$

- 10) Теперь определим общую высоту камеры по формуле 25:

$$H = h_1 + h_2 \quad (25)$$

$$H = 19,2 + 3,25 = 23,13 \text{ м}$$

Принимаем стандартный заводской размер аппарата равным $H = 27 \text{ м}$.

3.3.2 Расчёт штуцеров

- 1) Найдем диаметр штуцера для подачи сырья через формулу 26:

$$D = \sqrt{\frac{4V}{\pi \cdot U}} \quad (26)$$

- 2) Для этого необходимо найти объем паров сырья через формулу 27:

$$V = 22,4 \cdot \frac{T}{273} \cdot \frac{0,101}{P} \cdot \sum \frac{G_i}{M_i} \quad (27)$$

$P = 0,4 \text{ МПа}$

$$G_i = 70\,416,7 \text{ кг/ч}$$

$$M = \frac{44,29 \cdot \rho_{15}^{15}}{1,03 - \rho_{15}^{15}} \quad (28)$$

$$M = \frac{44,29 \cdot 0,9505}{1,03 - 0,9505} = 529,53$$

$$V_c = 22,4 \cdot \frac{763}{273} \cdot \frac{0,101}{0,4} \cdot \frac{70416,7}{529,53} = 2102,2 \text{ м}^3/\text{ч} = 0,584 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,584}{3,14 \cdot 0,1}} = 2,73 \text{ m}$$

По рассчитанным параметрам была подобрана камера коксования с диаметром 5,5 м и высотой 27м. На рисунке 4 приведен чертеж камеры коксования.

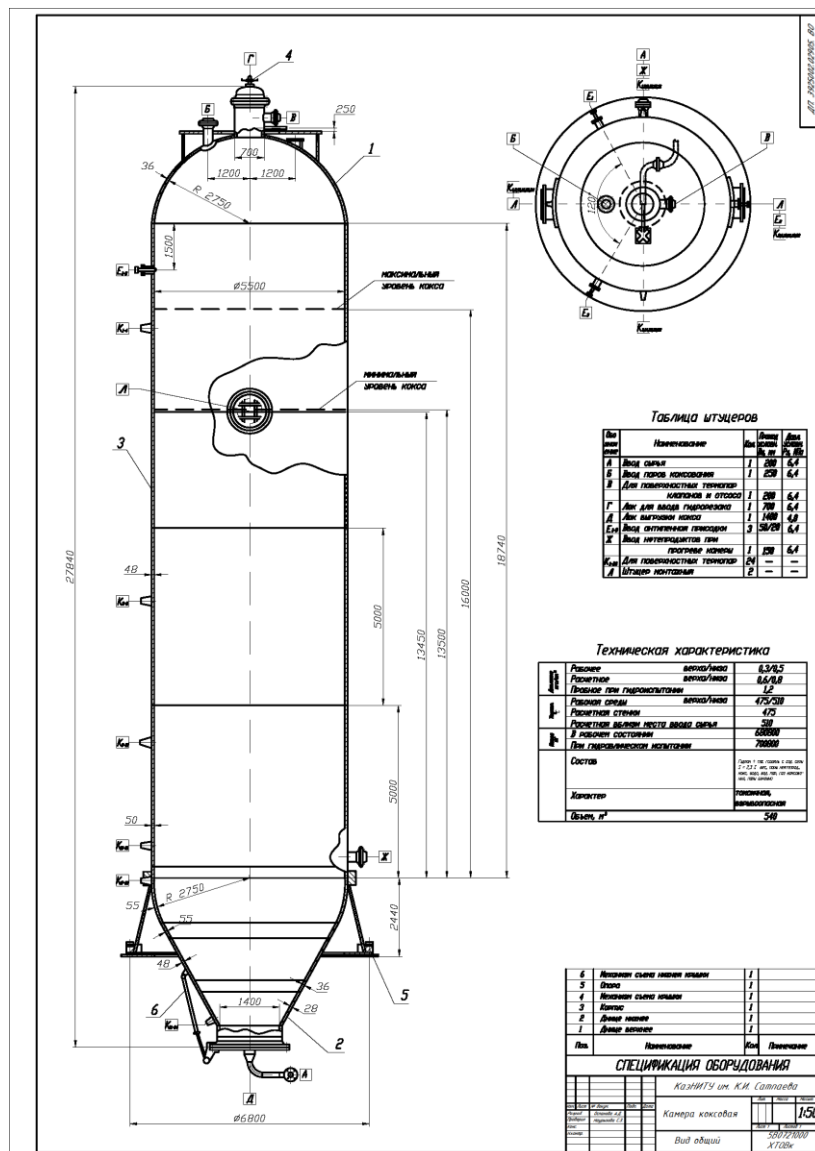


Рисунок 4 – Чертеж камеры коксования

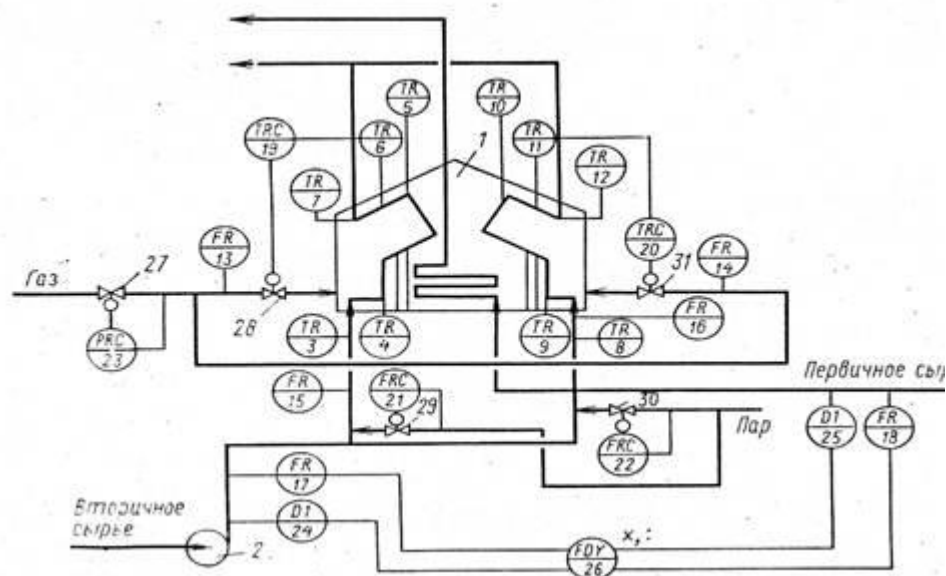
4 Автоматизация процесса

Автоматизация работы трубчатой печи УЗК необходима для стабильной работы и контроля главных параметров подогрева первичного и вторичного сырья перед самым процессом коксования.

Такие факторы как повышенная температура, механические примеси, расход водяного пара усложняют автоматизацию трубчатых печей. Главная проблема - это скорость закоксовывания змеевика трубчатой печи. Процесс важно проводить так, чтобы реакции распада и уплотнения проходили в камерах коксования, а в печи проходили только физические процессы, т.е. нагревание. Также важно поддерживать стабильно высокую температуру, так как даже не большое отклонение на короткое время приводит к нарушению процесса.

Беря во внимание значимость точного контролирования температурной нагрузки печи по всем потокам сырья, при оценивании реакционной зоны змеевиков разумно вместе с измерением затрат сырья и топлива определять также расход этого газа в каждой из камер сгорания печи. Основной характеристикой состояния змеевика печи, которая показывает степень ее закоксованности, могут использоваться перепады температур на коксующемся участке.

На рисунке 5 показана принципиальная схема системы автоматизации технологических параметров трубчатой печи [13].



1- трубчатая печь; 2- насос; 3- 12- датчики температур; 13-18- датчики расходов; 19,20- регуляторы температур; 21,22- регуляторы расходов; 23- регулятор давления; 24,25- плотнометры; 26- вычислительное устройство; 27-31- регулирующие клапаны

Рисунок 5 - Схема системы автоматического контроля и регулирования технологических параметров трубчатой печи УЗК

Параметры процесса, которые автоматизированы на этой схеме:

- расход первичного и вторичного сырья (датчик 18 и 17, соответственно);
- расходы вторичного сырья в каждом из потоков печи (датчики 15 и 16);
- коэффициент рециркуляции сырья (датчик 26);
- температуры по длине каждого змеевика (датчики 3-7 и 8-12);
- перепад температур на коксующейся части каждого змеевика (датчики 6, 7 и 11, 12);
- расход газа в каждую камеру сгорания (датчики 13 и 14).

Такие параметры как давление топливного газа, температуры нагрева вторичного сырья в каждой точке змеевика печи, который предшествует зоне активного коксообразования, расход турбулизатора (конденсат водяного пара) могут регулироваться автоматически.

Рассмотрим принцип работы системы автоматизации коэффициента рециркуляции сырья. Сигналы с датчиков 17 и 18 расхода соответственно вторичного и первичного сырья и плотномеров 24 и 25 поступают в вычислительное устройство 26, реализующее указанное выше уравнение для расчета K_p . По значению этого коэффициента рециркуляции оператор судит о работе печи и реактора. В зависимости от производственной необходимости можно улучшить качество получаемого кокса, увеличивая коэффициент рециркуляции, однако производительность установки при этом снижается [13].

5 Охрана окружающей среды

Различные газы, загрязненная вода и др. вредные для окружающей среды выбросы являются неотъемлемой частью нефтеперерабатывающей промышленности. Рассмотрим возможные вредные выбросы на УЗК.

Выбросы в воздух

Твердые частицы маленьких размеров и остаточные углеводороды могут выделяться в воздух при выгрузке кокса из камер коксования. Основными соединениями, которые выбрасываются при коксовании являются следующие:

- Сернистые соединения- H_2S , меркаптаны RSH (могут выбрасываться из воды, в составе которой есть такие соединения);
- Углеводородные газы (могут выбрасываться в воздух в результате понижения давления в сборниках);
- Взвешенные частицы (могут выбрасываться из различных систем очистки во время технического обслуживания) [8].

По мимо этих отходов на УЗК в большом количестве выделяется пыль, для избежание этого применяются различные циклоны и фильтры. Также снизить выбросы в воздух можно с помощью автоматического контроля давления, перевода установок на прямое питание и отправки готовых продуктов в товарные емкости.

Сточные воды

Все сточные воды, которые образуются на УЗК: вода с выгрузки кокса, с ректификационной колонны, с холодильников и др., отправляют на очистку. В целом на всей установке образуется примерно 140 литров сточной воды на одну тонну сырья. В ее состав входят сероводород, аммиак, пыль с частицами металла, сернистые соединения, углеводороды, фенолы и т.д. В нефтеперерабатывающей отрасли есть несколько основных способов очистки сточных вод: механические, физико-химические и биологические. Обычно в промышленности сточные воды, которые прошли все необходимые этапы очистки смешиваются с условно чистыми водами и повторно возвращаются на производство. Такое применение воды называют оборотным водоснабжением. Это очень выгодно, так как такие промышленные объекты потребляют огромное количество воды и это помогает экономить воду и минимизировать загрязнение природных водоемов.

Твердые отходы

В процессе замедленного коксования образуются такие твердые отходы как коксовая пыль и шламы, которые содержат частички углерода и углеводороды.

Как и на всех предприятиях, которые являются источниками вредных выбросов, на установке замедленного коксования обязательно должна быть санитарно- защитная зона.

6 Охрана труда

Так как процесс коксования проводится при повышенных температурах, по пожарной безопасности он относится к категории А. Очень важно соблюдать технику безопасности, в противном случае очень легко может возникнуть пожар или взрыв. Техника безопасности основывается на знании токсичных, опасных и вредных свойств всех веществ на этом предприятии. Многие из веществ, которые применяются на УЗК обладают такими свойствами.

Вредные вещества по тому как они влияют на человеческий организм и согласно классификации, ГОСТ 12.1.007-76, делятся на следующие классы опасности:

- 1 класс- вещества чрезвычайно опасные;
- 2 класс- вещества высокоопасные;
- 3 класс- вещества умеренно опасные;
- 4 класс- вещества малоопасные.

К первому классу, как правило, относятся вещества с ПДК менее 0,1 мг/м³, ко второму - от 0,1 до 1,0 мг/м³, к третьему - от 1,1 до 10 мг/м³ и к четвертому - более 10 мг/м³ [10].

К мероприятиям, которые обеспечивают безопасную работу производства с взрывоопасными веществами, относится недопущение получения импульса воспламенения в горючей среде, например, используют электрооборудование, которое соответствует классу пожаровзрывоопасности помещения, группе и категории взрывоопасной смеси.

Емкости и оборудования на территории УЗК должны быть герметичными для того чтобы обеспечивать надежную работу и устранять выделение вредных паров и газов в атмосферу.

Для уведомления о сбоях в работе оборудования и для привлечения внимания рабочих на предприятии должны быть установлены сигнализации и блокировка. Обязательно должны быть предусмотрены средства индивидуальной защиты, например, спецодежда, противогазы, респираторы, защитные костюмы, защитные очки, резиновые сапоги и перчатки. Также должна быть аптечка со всеми необходимыми для экстренной первой помощи лекарствами.

Установка должна быть снабжена огнетушителями, водой, песком, асбестовым одеялом и прочим противопожарным инвентарем. Кроме того, на установке предусмотрена автоматическая система пожаротушения.

Чтобы обезопасить персонал от травм различные вращающиеся части насосов, компрессоров или вентиляторов необходимо защищать специальными кожухами.

Также для очистки воздуха в помещении от токсичных и взрывоопасных газов должны быть три вида вытяжных вентиляций: естественная, искусственная и аварийная, тем самым обеспечивая стабильный воздухообмен.

7 Экономическая часть

7.1 Эффективный фонд времени работы установки

Эффективный фонд времени обычно рассчитывается для основного оборудования, обеспечивающего заданную производительность, в данном проекте это- камера коксования. Для расчета эффективного фонда времени работы оборудования определяем планируемые остановки оборудования на капитальный, средний и текущий ремонты, они приведены в таблице 5 [17].

Таблица 5 - Нормы межремонтных пробегов и простоев оборудования

Наименование оборудования	Нормы пробегов оборудования между ремонтами, ч		Нормы простоев оборудования в ремонте, ч	
	Текущими, T_t	Капитальными, $T_{\text{кап}}$	Текущем, P_t	Капитальном P_k
Камера коксования	768	42600	19,7	720

Основываясь на эти остановки составлен баланс времени работы оборудования в году (таблица 6) [17].

Таблица 6 - Баланс времени работы оборудования в году

Календарный фонд времени T_k	
в днях	365
в часах	8760
Нерабочие дни по режиму	
В том числе:	
остановки на ремонт коммуникаций в днях	10
в часах	240
Количество дней работы в году по режиму, (D_p)	355
то же в часах, ($Ч_p$)	8520
Номинальный фонд (T_n)	8520
Планируемые остановки оборудования в рабочие дни в часах:	
на капитальный ремонт	144

на текущий ремонт	216
Итого	355

Посчитаем коэффициент использования оборудования во времени:

$$\frac{355}{365} = 0,9726$$

7.2 Расчет капитальных затрат

Капитальные затраты на проект рассчитываются как сумма следующих затрат: строительство зданий, покупка и установка оборудования, транспортные средства, электрооборудования и прочие капитальные затраты.

В таблице 7 ниже приведены капитальные затраты на здания и сооружения [17].

Таблица 7 - Расчет капитальных затрат на строительство зданий и сооружений

Наименование зданий и сооружений	Стр-й объем м ³	Укр.стоим. ед. стр. работ, тенге	Общ. стоим. стр. работ,	Сан-тех. и (30%)прочие работы	Итого тыс.тг.	Внеобъемн затраты (10%) тыс.тг	Полная сметная стоим.тыс.тг. тыс. тг	Амортиза- ционные отчисления	
								Но р- ма, %	Сумма, тыс.тг
Здания:									
Операторская	68	60000	4080	1224	5304	530,4	5834,4	7	408,38
Насосная	41,6	60000	2496	750	3246	324,6	3570	7	250
Компрессорна я	62,4	60000	3744	1123	4867	486,7	5354	7	375
Генераторская	62,4	60000	3744	1123	4867	486,7	5354	7	375
Итого							20112		1408,38
Сооружения:									
Площадка, м ³	750	60000	4500 0	13500	5850 0	5850	64350	5	3217,5
Канализ.сети, м	400	15000	6000	1800	7800	780	8580	5	429
Техн.труб-д, м	150 0	25000	3750 0	11250	4875 0	4875,0	53625	8,3	4450,875
Водопр.сети, м	400	10000	4000	1200	5200	520,0	5720	5	286
Итого							132275		8383
Всего							152387		9791,4

Капиталовложения в оборудование складывается из затрат на приобретение оборудования, его доставку и монтаж. На основании приведенных расчетов составляем сводную смету капитальных затрат в проектируемый объект, которая показана в таблице 8. Здесь же указываем годовую сумму амортизационных отчислений от стоимости основных фондов [17].

Таблица 8 - Расчет стоимости оборудования

Оборудование	К-во	Ст-ть оборудования		Затраты на монтаж оборудования		Полная сметная стоимость	Амортизация	
		Тыс. тенге	Всего	%	Тыс. тенге	Тыс. тенге	%	Тыс. тенге
Коксовые камеры	2	210 400	420 800	30	126 240	547 040	12,6	68 927,04
Переключающие краны	1	14 000	14 000		4 200	18 200		2 293,2
Конденсаторы воздушного охлаждения	6	26 610	159 660		47 898	207 558		26 152,31
Теплообменники	1	45 840	45 840		13 752	59 592		7 508,6
Насосы	2	15 000	30 000		9 000	39 000		4 914
Ректификационная колонна	1	368 700	368 700		110 610	479 310		60 393
Холодильники	4	32 850	131 400		39 420	170 820		21 523,3
Газосепараторы	2	20 000	40 000		12 000	52 000		6 552
Отпарные колонны	1	55 000	55 000		16 500	71 500		9 009
Емкости	2	12 000	24 000		7 200	31 200		3 931,2
Стабилизационная колонна	1	60 000	60 000		18 000	78 000		9 828
Кипятильники	2	30 000	60 000		18 000	78 000		9 828
Печи	1	120 000	120 000		36 000	156 000		19 656
Итого	26		1 529 400		458 820	1 988 220		240 687,65
Неучт. обор. 5%				30		99 411	10	9 941,1
Техн. вн. труб. 15%						298 233		29 823,3
Произв. инв. 1%						19 882,2		1 988,22
Сил. эл-обор. 5%						99 411	17	16 899,87
КиП 25%						497 055		84 499,35
Итого						3 002 212,2		383 839,49

В таблице 9 ниже приведены суммарные капиталовложения в проект, удельные капиталовложения и сумма амортизационных отчислений.

Таблица 9 - Сводная смета капиталовложений

Элементы основных фондов	Сметная стоим. основных фондов		Удельные капиталовложения, тыс.тг/т	Годовая сумма амортизаций, тыс.тг
	тыс тг	%		
Здания и сооружения	152 387,0	4,8	0,254	9 791,4
Оборудование	3 002 212,2	95,2	5	383 839,49
Итого	3 154 599,2	100	5,254	393 630,89

Общее количество необходимых работников на одну смену составляет 20 человек, из них 14 основных операторов-технологов, 4 вспомогательных рабочих (слесарь, электрик) и 2 лаборанта, а также 6 инженерно-технических работников и их годовой фонд зарплаты показан в таблице 10.

Таблица 10- Сводные показатели проектируемого объекта по труду и заработной плате

Категории работников	Списочная численность		Производительность труда, т/чел в год	Годовой фонд зарплаты, тыс.тг	Премии, тыс.тг	Годовой фонд зарплаты с учетом премии, тыс.тг
	чел	%				
Рабочие:						
Всего :	20	76,9	30 000	55 200	5 964	61163,99
Основные	14	53,83	42 857	42 000	4358,67	46358,67
Вспомогательные	4	15,38	150 000	9 600	1111,32	10711,32
Прочие вспомогательн.	2	7,69	300 000	3 600	494	4 094
ИТР, служащие	6	23,1	100 000	28 800	3 000	31 800
Всего трудящихся	26	100	23076,9	84 000	8 964	92 963,99

Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования рассчитывается на год путем составления сметы (таблица 11).

Таблица 11 - Смета расходов на содержание и эксплуатацию оборудования

Наименование статей расходов	Исходные данные для расчета	Сумма, тыс.тг
Содержание производственного оборудования	2% от стоимости оборудования	60 044,24
Основная и дополнительная зарплата дежурного и ремонтного персонала	Табл. 10	10 711,32
Отчисления во внебюджетный фонд	30% от зарплаты п.2	3 213,4
Текущий ремонт производственного оборудования и капитальный ремонт	7% от затрат на оборудование	210 154,8 5
Амортизация производственного оборудования	Табл. 8	383 839,4 9
Прочие расходы, связанные с содержанием и эксплуатацией оборудования	10%	66 796,33
<i>Итого</i>		734 759,6 3

Расчет сметы цеховых расходов на год приведен в таблице 12.

Таблица 12 - Смета цеховых расходов

Наименование статей расходов	Исх. данные	Сумма, тыс.тг
Содержание цехового персонала:		
Основная и дополнительная зарплата ИТР и служащих	Табл. 10	31 800
Основная и дополнительная зарплата вспомогательных рабочих	Табл. 10	4 094
Отчисления во внебюджетный фонд	30%	10 768,2
Содержание зданий и сооружений	2%	3047,56
Текущий ремонт зданий и сооружений	6%	9143,22
Амортизация зданий и сооружений	Табл. 7	9791,4
Расходы по охране труда и ТБ	25% $\sum$ табл10	23 240,99
Прочие общецеховые расходы	10%	6864,44

Итого		75 09
-------	--	-------

7.3 Расчет основных технико-экономических показателей

Проектная калькуляция себестоимости приведена в таблице 13.

Таблица 13 - Проектная калькуляция себестоимости

№ п/п (1)	Наименование статей затрат (2)	Ед. измерения (3)	Плановая заготовка, тг. (4)	Затраты на годовой выпуск продукции		Затраты на калькуляционную ед.	
				Кол-во, т (5).	Сумма, тыс. тг (6)	Кол-во, т (5/Gc)	Сумма, тыс. тг (6/ Gc)
1.	Сырье: гудрон	т	30 000	600 000	18 000 000	1,0	30
2.	Топливо и энергия:						
	газ	м³	8	13345000	106760	15,7	0,178
	вода	м³	21	22780000	911200	26,8	1,52
	пар	кг	60	12750000	765000	15,0	1,275
	электроэнергия	кВт*ч	8	92650000	741200	109,0	1,235
	Итого:				2 524 160,0		4,207
3.	Зарплата основных производственных рабочих				46 358,67		0,077
4.	Отчисления на социальный налог (30% от стр.3)				13 907,6		0,023
5.	Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования				734 759,63		1,22
6.	Цеховые расходы				75 509		0,126
	Итого цеховая себестоимость:		стр1+стр2+стр3+стр.4+стр.5+стр.6		21 394 694,9		35,66
	В т.ч. расходы на передел		«цеховая себестоимость»-стр.1-стр.2		870 534,9		1,45
8.	Общезаводские расходы		10% от расходов на передел		87 053,49		0,145
9.	Прочие производственные расходы		1-2% от цеховой себестоимости		213 946,95		0,35
	Итого производственная себестоимость:		«цеховая себестоимость»+стр.8+стр.9		21 695 695,3		36,16

10.	Внепроизводственные расходы	1-2% от производственной себестоимости	216 956,95		0,36
	<i>Полная себестоимость продукции</i>	производственная себестоимость +стр.10	21 912 652,3		36,5

$\Pi = 36500 \cdot 1,05 = 38325$ тенге

$\Pi_p = V(\Pi - C/c)$

$\Pi_p = 600\,000(38325 - 36500) = 1\,095\,000\,000$ тенге

$C_{ок} = \text{капиталовложения/прибыль} = 3\,154\,599\,200 / 1\,095\,000\,000 = 3$ года

$\text{Рент} = (\Pi_p / C_{пол}) \times 100 \%$

$\text{Рент} = (1\,095\,000\,000 / 21\,912\,652\,300) \times 100 \% = 5 \%$

Все рассчитанные выше показатели сведены в таблицу 14 [17].

Таблица 14 - Сводная таблица основных технико-экономических показателей

Наименование показателей		Ед.измерения	Значение показ
1.	Годовой выпуск продукции в натуральном выражении	т	616 850,3
2.	Эффективный фонд времени работы оборудования	ч/год	8520
3.	Капитальные вложения в основные фонды, в том числе:	тыс.тг	3 154 599,2
	здания и сооружения		152387
	оборудование		3 002 212,2
4.	Удельные капитальные вложения	тыс.тг/т	5,254
5.	Численность работающих всего:	чел	26
	в том числе:		
	основных рабочих		14
	вспомогательных рабочих		6
	ИТР, служащих		6
6.	Производительность труда на одного среднесписочного работающего	т/чел	23 076,9
7.	Производственная себестоимость единицы (т) продукции	тг	36500
8.	Фондоотдача	т/тыс.тг	0,19
9.	Фондовооруженность труда	тыс.тг/чел	121 330,74
10.	Рентабельность продукции	%	5

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данном проекте установки замедленного коксования гудрона проведены следующие работы:

1) В соответствии с заданной темой проекта в технологическую схему установки введен блок прокаливания кокса с целью улучшения его качества, приведено ее описание и параметры проведения процесса.

2) Произведены все необходимые инженерные расчеты (материальный баланс, тепловой баланс, конструктивный расчет) по заданной производительности установки, на основании которых выбран основной аппарат- коксовая камера, а также разработана функциональная схема автоматизации нагревательного блока

3) Применительно к установке замедленного коксования гудрона рассмотрены правила техники безопасности производства и определен его класс опасности.

4) В соответствии с экологическим кодексом РК оценены возможные вредные выбросы на УЗК, такие как выбросы в воздух, сточные воды, образующиеся при выгрузке кокса и твердые отходы в виде коксовой пыли и шлама, на основании чего необходимо соблюдение санитарно- защитной зоны для безопасного функционирования установки.

5) Рассчитаны технико-экономические показатели установки, указывающие на высокую эффективность производства: годовой выпуск продукции – 616 850,3т/г, суммарная себестоимость продукции – 36 500 тг/т, рентабельность- 5%, срок окупаемости – 3 года. Это достигнуто благодаря тщательному планированию, высокой степени использования сырьевых ресурсов, оптимальному числу рабочих, а также низкой себестоимости исходного сырья.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Петров С.М., Башкирцева Н.Ю., Халикова Д.А. Обзор перспективных технологий переработки тяжелых высоковязких нефтей и природных битумов
- 2 Валявин Г.Г., Запорин В.П., Габбасов Р.Г., Калимуллин Т.И. Процесс замедленного коксования и производство нефтяных коксов, специализированных по применению
- 3 Капустин В.М., Гуреев А.А. Технология переработки нефти. В 4-частях. Часть вторая. Физико-химические процессы. - М.: Химия, 2015. - 400с.
- 4 Эрих В. Н., Расина М. Г., Рудин М. Г. Э77 Химия и технология нефти и газа. Изд. 2-е, пер. - Л. «Химия», 1977
- 5 Ахметов С. А. и др. Технология и оборудование процессов переработки нефти и газа— СПб.: Недра, 2006. — 868 с.
- 6 Шакирзянова Г.И., Сладовская О.Ю., Сладовский А.Г., Зимнякова А.С., Нигметзянов Н.С. Замедленное коксование как эффективная технология углубления переработки нефти
- 7 Сарданашвили Г.Н., Львова А.И. Примеры и задачи по технологии переработки нефти и газа. - М., Химия, 1980. - 256с.
- 8 Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям. М, Бюро НДТ, 2017
- 9 Надиров Н.К. Нефть и газ Казахстана: В 2-х частях. Часть 2. – Алматы: Гылым, 1995. – 400 с.
- 10 Касенов К.М. и др. Конспект лекций по промышленной экологии и производственной безопасности. Алматы: КазНИТУ, 2017.
- 11 Дытнерский Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии. В 2-х кн. Часть 2. М.: Химия, 1995. - 368 с.
- 12 Кушелев В.П., Орлов Г.Г., Сорокин Г.Г. Охрана труда в нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности. М.: «Химия», 1983. - 447 с
- 13 Фарамазов С.А. Оборудование нефтеперерабатывающих заводов и его эксплуатация. М.: Химия, 1978. - 352 с.
- 14 Рудин М.Г., Смирнов Г.Ф. Проектирование нефтеперерабатывающих и нефтехимических заводов. Л.: Химия, 1984. - 256 с.
- 15 Иоффе И.Л. Проектирование процессов и аппаратов химической технологии. Л.: Химия, 1991. – 352с.
- 16 Моров Ю.М. Расчеты и исследования химических процессов

нефтепереработки. -М.: «Химия», 1973, 182с.

17 Клименко В.Л. Экономика химической промышленности. - Ленинград: Химия, 1990. – 288с.