

«Engineering and Consulting PFA Alexander Gadetskiy»

**MASTER**

**Discipline: PROCESS:** Delayed coking coal tars and pitches

**Name:** [Alexander.gadetskiy@inbox.lv](mailto:Alexander.gadetskiy@inbox.lv)

**Sign.**

**Date:** 25.10.2016



**Техническое предложение. Переработка каменноуголь-  
ных смол и пеков на установках замедленного коксования  
малой мощности. Technical Proposal. Processing of coal tar  
and coal tar pitch in the low capacity Delayed Coking Unit.**



## Содержание

1. Введение. Каменноугольные смолы и пеки.....	3
2. Принципиальные технологические решения процессов переработки. BFD схемы процессов. Материальные балансы .....	5
2.1 Описание процессов переработки каменноугольных смолы .....	11
2.2 Описание процессов переработки мягких каменноугольных пеков.....	11
3. Качество сырья, полуфабрикатов и готовой продукции .....	12
4. Сравнительные характеристики пековых и нефтяных коксов и углеродных продуктов получаемых из них .....	12
5. Укрупненная оценка операционных затраты процессов переработки .....	15
6. Оценка капитальных затрат для реконфигурации УЗК нефтяного сырья для работы на каменноугольных смолах и пеках.....	16
7. Оптимальная технологическая схема при переработке каменноугольных смол и пеков. Performance Technologies для получения высококачественных и сверхвысококачественных коксов .....	17

## Приложения:

Приложение 1. Техническое задание Заказчика //.

Приложение 2. Примеры переработки для получения высококачественных и сверхвысококачественных коксов. Опционально.

## Принятые сокращения

КУС – каменноугольная смола

ТУ – технический углерод

УЗК – установка замедленного коксования

ГО – установка гидроочистки

СТРНТ – Coal-tar pitch high temperature высокотемпературный каменноугольный пек

СТРМТ – Coal-tar pitch medium temperature среднетемпературный каменноугольный пек

БТК – бензол, толуол, ксилольная фракция

ВУХИН – Восточный научно-исследовательский углехимический институт

БашНИИНП – Башкирский институт нефтяной промышленности

ПАУ – полиароматические углеводороды

ХЗК – химически загрязненная канализация

QI вещества – вещества не растворимые в хиолине

Dividing Wall Column (DWC) – колонна с вертикальной перегородкой

## 1. Введение. Каменноугольные смолы и пеки

Каменноугольная смола (КУС), образуется в процессе переработки коксующихся углей для получения металлургического кокса и является неизбежным продуктом высокотемпературной деструкции при коксовании угольных шихт. При объеме мирового рынка металлургического кокса в 2015 г. около 700 млн. т/год, производство каменноугольной смолы составило 21 – 35 млн. т/год. В России, по итогам 2013 – 2015 годов выпуск каменноугольной смолы составил 1.0 – 1,5 млн. т/год, при выпуске кокса около 30 млн. т/год. В настоящее время вырабатываемые в России объемы КУС распределяются следующим образом:

- 60% перерабатываются производителями на собственных коксохимических мощностях, но схема полного цикла разделения имеется только на Нижнетагильском металлургическом комбинате.

- 15 – 20% периодически поставляются на внутренний рынок, а при отсутствии потребления перенаправляется на экспорт

- 20 – 25% экспортируется в Нидерланды, Бельгию, Данию, Латвию и др. для переработки и производства: индено – кумароновых смол, диспергаторов, суперпластификаторов, фенолов, ксилолов, ксиленолов и крезолов, большая часть из этой продукции возвращается в Россию.

Сырьевой базой для коксохимических предприятий России являются коксующиеся угли шести угольных бассейнов: Кузнецкий, Печорский, Донецкий (месторождения Ростовской области), Южно-Якутский, Улуг-Хемский и Карагандинский (импорт из Казахстана). Выход каменноугольной смолы не превышает 3 – 5% от массы угольной загрузки и определяется содержанием летучих компонентов в шихте, конструкцией печей и условиями коксования. Поэтому содержание в шихте углей марок Г, ГЖО, ГЖ («газовые» угли) должно быть максимально возможным, хотя с точки зрения получения металлургического кокса первые две марки относятся к слабококсующимся и ограниченно пригодным. Таким образом, необходимость максимального выхода и качества КОС, а в последующем и пека не всегда коррелируется с выпуском качественного металлургического кокса.

Основными производителями коксов для металлургии являются:

Комментарии для выпускаемой продукции приведены только по профилю отчета.

// производит кокс, сырой бензол, каменноугольную смолу.

// производит кокс, каменноугольную смолу, бензол, антраценовую фракцию, нафталин, электродные и каменноугольные пеки.

//////////////////////////////////// производит кокс, каменноугольную смолу, сырой бензол, фракции: фенолов, нафталина, антрацена, пиридина, хинолина.

//////////////////////////////////// производит кокс, сырой бензол, каменноугольную смолу, каменноугольные пеки.

//////////////////////////////////// производит кокс, каменноугольную смолу, бензол, фракции: фенольную, антраценовую, нафталиновую, каменноугольные пеки.

//////////////////////////////////// производит кокс, каменноугольную смолу.

//////////////////////////////////// производит кокс, сырой бензол, каменноугольную смолу.

//////////////////////////////////// производит кокс, сырой бензол, каменноугольную смолу.

ОАО «Запорожжкокс». Украина. Не рассматривается.

ОАО «Авдеевский КХЗ». Украина. Не рассматривается.

АО «Енакиевский Коксохимпром». Украина. Не рассматривается.

ОАО «Арселор Миттал Темиртау». Казахстан. Не рассматривается.

ОАО «Арселор Миттал Кривой Рог». Украина. Не рассматривается.

В 70 – 80 г. развитие коксохимических мощностей в СССР достигло своего пика и заняло одно из ведущих мест в мире по объемам и глубине переработки. Это было связано, как с увеличением доли «газовых» углей в составе шихты, особенно для предприятий Украины, так и с внедрением большегрузных печей и увеличением температуры коксования. Переработка КУС была сосредоточена на получение каменноугольного пека, нафталиновых, антраценовых, фенольных фракций, сырья для технического углерода. На предприятиях СССР в химические продукты перерабатывалось до 70 – 75% от объема выпускаемой смолы, в то время, как среднемировой показатель переработки, не превышает 50% объясняется это тем, //////////////////////////////////////

Принципиальное отличие в подходах к переработке каменноугольных смол между Российскими и зарубежными компаниями, заключается в следующем: //////////////////////////////////////.

В **Таблице 1** приведены наиболее известные переработчики каменноугольных смол и пеков, причем указаны переработчики низко – и среднетемпературных, т.е мягких пеков, мы не указывали производства коксования которые находятся в составе в переработчиков каменноугольных смол для исключения дублирования одноименных ссылок.

#### Таблица 1.

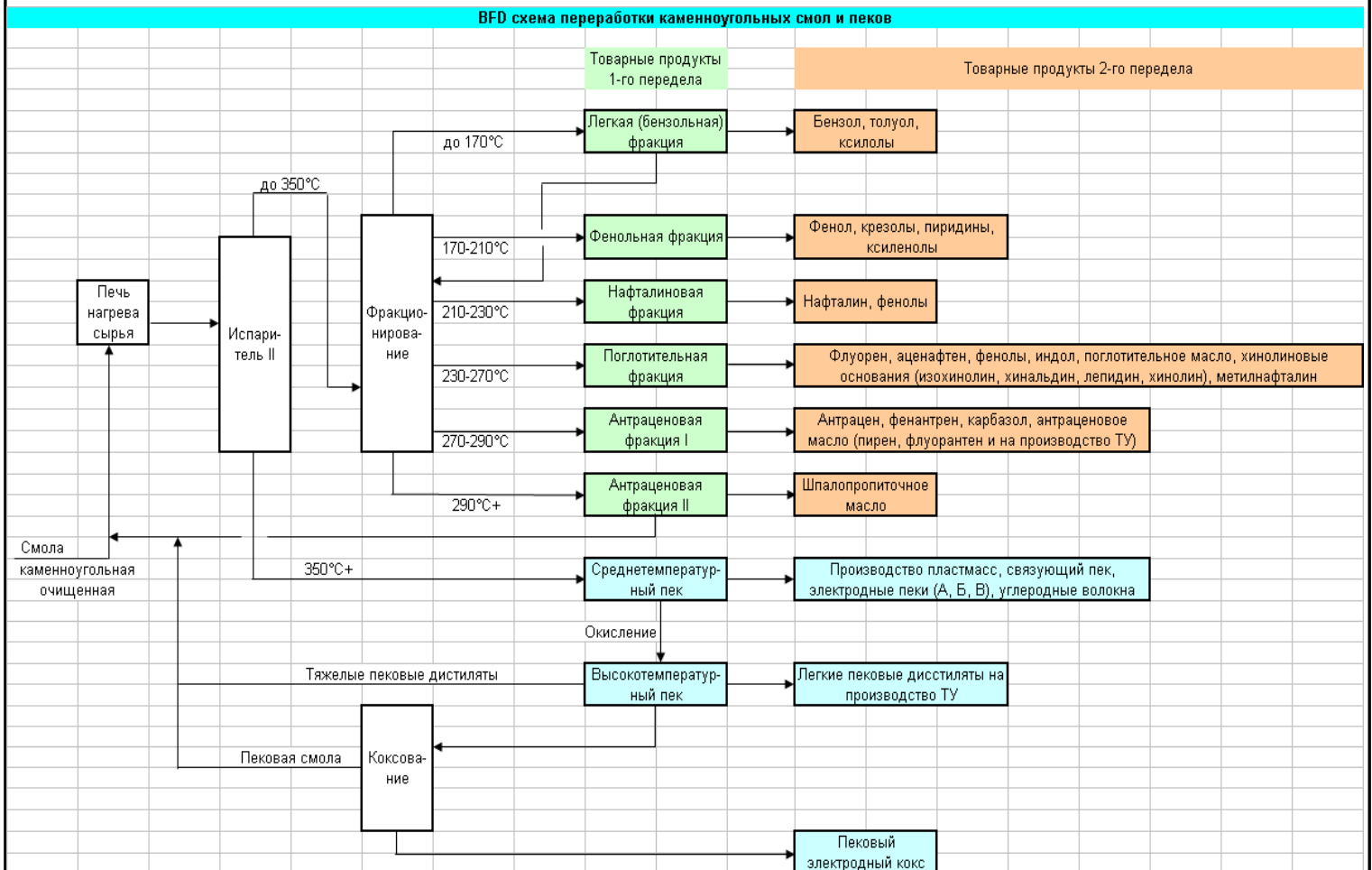
Процесс коксования пеков СТМТ разделяется на два типа: камерное и замедленное. Камерное, по сути своей, это коксование в кубах, а разница определяется исключительно отраслевой терминологией, **в таблице показано только замедленное коксование.**

## 2. Принципиальные технологические решения процессов переработки. BFD схемы процессов. Материальные балансы

В практике по переработке КУС известно не менее десяти принципиальных технологических решений, существенно отличающихся между собой по конфигурации процесса, и каждое из этих решений реализовано в промышленности. Именно поэтому на **Схеме 1** показан самый общий вариант процесса, отражающий все возможности для получения, как индивидуальных химических веществ, так и продуктов переработки пеков.

Каменноугольный пек единственный в мировой практике связующий материал для углеродистой продукции, это относится к среднетемпературным коксам, но в тоже время получаемые при переработке высокотемпературных пеков электродные пековые коксы, а также изотропные полукоксы для конструкционных графитов также не имеют полноценной альтернативы на основе продуктов нефтепереработки.

**Схема 1.**



Важным моментом в процессе переработки   
т.е смола по своим характеристикам соответствует показателям **Таблица 9, Глава 3,**   
Таким образом, при поступлении в



переработку очищенной смолы потребитель не дополучает и основную часть БТК фракции, количество которой может достигать 1% от массы неочищенной смолы.

////////////////////////////////////

Получаемые при переработке КУС среднетемпературные пеки (СТРМТ) имеют следующее применение:

- связующие для леточной массы
- сырье для антифрикционных углеродных материалов
- сырье для электроэрозионного графита
- связующие для конструкционных углеграфитовых материалов
- связующие для производства электрощеток
- связующие для графитированных электродов большого сечения
- связующие для предварительно обожженных анодов
- связующие в углеродистых изделиях для футеровки доменных печей
- связующие для конверторных огнеупоров
- сырье для углеродных литейных форм
- связующее для дорожных покрытий (дорожные дегти)
- сырье для пековолоконных труб
- компонент лаков и препарированных смол
- сырье для углеродного волокна

Для получения высокотемпературных пеков (СТРНТ) с температурой размягчения 140 – 150°C используется окисление СТРМТ воздухом. Полученные СТРНТ являются сырьем для процесса коксования с получением электродных пековых коксов.

Получение электродного кокса в процессе коксования **СТРМТ без дополнительного окисления на установках замедленного коксования показано на Схеме 2.**

**Схема 2.**

В **Таблицах 2, 3, 4** приведены химические составы КУС, а также составы СТРМТ и СТРНТ, в **Таблице 5** приведен фракционный состав смол. Все данные предоставляются по факту оригинальных анализов от различных производителей.

**Таблица 2.**

**Химический состав каменноугольной смолы от различных производителей**

Наименование	1	2	3	4	5	6	7
Фенол, инден, кумарон							
Крезолы, анилин, тетралин							
Нафталин							
α и β-Метилнафталины, индол, хинолин							

Дифенил							
Диметилнафталены, метилиндоп							
Диметилнафталены							
Аценафтилен, диметилнафталин							
Аценафтен							
Дифениленоксид							
Флуорен							
Метилфлуорены, нафтолы							
Дифениленсульфид							
Антрацен, фенантрен							
Карбазол							
Метилантрацены, метилфенантрены							
2-Фенилнафталин							
Флуорантен							
Пирен							
Бразан, бензофлуорены							
Ретен; 2, 12-дигидротетрацен							
Бензодифениленсульфид; 9-фенилантрацен							
Хризен							
Бензофлуорантены							
Бензопирены							
Перилен; 2, 3-бензантрацен							
Пицен							
Коронен и более конденсированные углеводороды							
Количество компонентов не растворимых в толуоле и хинолине, т.е не идентифицированных	55.22	56.70	57.00	59.44	60.84	62.64	63.17
<b>Итого</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>
Количество идентифицируемых компонентов в смоле, %	44.78	43.30	43.00	40.56	39.16	37.36	36.83

Таблица 3.

## Химический состав каменноугольных пеков от различных производителей

Наименование	1	2	3	4	5	6	7
Нафталин							
α-, β-метилнафталены и диметилнафталены							
Аценафтен							
Дифениленоксид							
Флуорен							
Дифениленсульфид							
Антрацен, фенантрен							
Карбазол							
Метилантрацены, метилфенантрены							
2-фенилнафталин							
Флуорантен							
Пирен							
Бразан							
Бензофлуорены							
Ретен							
5, 12-дигидротетрацен							

Бензодифениленсульфид; 9-фенил-антрацен; 1,2-бензантрацен							
Хризен							
Тетрацен							
Бензофлуорантены							
3, 4-Бензопирен							
Перилен							
2, 3-бензатрацен							
Пицен							
Коронен							
Количество компонентов не растворимых в толуоле и хинолине, т.е не идентифицированных	49.98	58.02	67.15	57.21	51.06	49.49	53.61
<b>Итого</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>
Количество идентифицированных компонентов в пеке, %	50.02	41.98	32.85	42.79	48.94	50.51	46.39

Таблица 4.

Химический состав каменноугольных пеков (низко-, средне- и высокотемпературных)			
Наименование	Т размягчения °С		
	80-85	100-110	140-150
Инден			
Нафталин			
Аценафтен, дифенил			
Аценафтилен, флуорен			
Антрацен, фенантрен			
Метилфенантрены, фенилнафталины			
4-кольчатая ароматика (периконденсированная)			
4-кольчатая ароматика (катаконденсированная)			
Метилхризены, фенилантрацены, бензо (g, h, i) флуорантены			
5-кольчатая ароматика (периконденсированная)			
5-кольчатая ароматика (катаконденсированная)			
Бензо - (g, h, i) - перилены			
6-кольчатая ароматика (периконденсированная)			
6-кольчатая ароматика (катаконденсированная)			
Коронен			
Дибензо - (g, h, i) перилены			
Дибензоперилены			
Кислородсодержащие соединения	2.30	4.80	3.60
Серосодержащие соединения	2.70	0.00	0.00
Азотосодержащие соединения	7.70	7.50	6.80
<b>Остаток</b>	<b>29.10</b>	<b>28.60</b>	<b>42.00</b>
<b>Итого</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>

Таблица 5.

Выход фракций из каменноугольной смолы от различных производителей						
Фракция	1	2	3	4	5	6
Легкая (БТК)						
Фенольная						
Нафталиновая						
Поглотительная						



I Антраценовая						
II Антраценовая						
Пек						
<b>Итого</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>

Совместная переработка нефтяного и каменноугольного сырья на установках замедленного коксования не является редкостью и может быть разделена по трем направлениям.

1. Переработка НЕ ароматических нефтяных остатков совместно с пеками, если добавка пека не превышает //////////////, не влияет на качество бензинов и газойлей коксования, но улучшает качество нефтяного кокса.

2. Переработка СТРМТ или СТРНТ совместно с НЕ ароматических нефтяных остатков, если его доля нефтяного остатка не превышает ////////////// ни как не сказывается на качестве получаемых пековых коксов и пековых дистиллятов.

3. Переработки СТРМТ или СТРНТ с высокоароматическими нефтяными остатками в различных соотношениях предназначено для получения специальных коксов, в том числе и для углеродной продукции двойного назначения, что зафиксировано в Резолюции Совета Безопасности ООН №1540, Регламенте Совета ЕС № 428/2009.

**Внимание!** Описание технологических процессов переработки смол и пеков выполнено применительно к заводу по углубленной переработке тяжелых нефтяных остатков, с учетом возможного перехода для работы на каменноугольном сырье.

Завод имеет следующую проектную конфигурацию технологических процессов, а также возможность работы на нескольких типах сырья:

- установка замедленного коксования. Мощность //////////////
- установка демеркаптанализации легкой нефти фракции н.к – 85°С. Мощность //////////////
- установка ////////////// гидроочистки фракции 85 – 360°С. Мощность 150 т.т/год //////////////
- установка производства водорода риформингом метана. Мощность 1700 т/год по водороду
- установка сероочистки газов (процесс Клауса). Мощность //////////////.

**Сырье Тип А.** Мазуты первичных и вторичных процессов нефтепереработки и их смеси, гудроны, асфальты, тяжелые остатки висбрекинга.

**Сырье Тип Б.** Тяжелые остатки термического и каталитического крекингов, масляные экстракты, остатки тяжелой ароматики (С11+) и полиароматики, каменноугольные пеки и смолы, тяжелая смола пиролиза, прямогонные гудроны, тяжелые остатки переработки сланцев.

Работа завода на высокоароматическом нефтяном сырье **Тип Б** очень близка по своим технологическим параметрам к работе исключительно на каменноугольном сырье с последующим коксованием СТРМТ, что и показано на **Схеме 2**, которая является полностью работоспособной, **но требует дополнительного оборудования**. Оценки операционных и капитальных затрат в **Главах 5 и 6** приведены на основе **Схемы 2**.

В **Таблице 6** приведен материальный баланс очищенной КУС именно поэтому содержание легкой фракции очень мало, так при очистке на коксохимическом предприятии эта фракция полностью удаляется в виде «сырого» бензола.

Таблица 6.

Фракционирование очищенной каменноугольной смолы из углей Печорского и Кузнецкого бассейнов			
Сырье	т/год	%	Примечание
Смола каменноугольная	200,000.00	100.00%	
<b>ИТОГО сырье</b>	<b>200,000.00</b>	<b>100.00%</b>	
Фракция легкая (БТК)			
Фракция фенольная			
Фракция нафталиновая			
Фракция поглотительная			
Фракция антраценовая I			
Фракция антраценовая II			Сырье ТУ, коксования
Фракция антраценовая III			На коксование
Пек среднетемпературный			На коксование
<b>ИТОГО продукция</b>	<b>200,000.00</b>	<b>100.00%</b>	

В **Таблице 7** приведен материальный баланс процесса с выделением пековых дистиллятов как сырья ТУ.

Таблица 7

Замедленного коксования каменноугольного пека с выпуском коксов и сырья для ТУ			
Сырье	т/год	%	Примечание
Пек среднетемпературный			
Фракция антраценовая III			
<b>ИТОГО сырье</b>	<b>121,460.00</b>	<b>100.00%</b>	<b>100.00</b>
Газы коксования			В топливную сеть
Пековые дистилляты			Сырье ТУ
Кокс пековый			
Потери и влага пирогенетическая			
<b>ИТОГО продукция</b>	<b>121,460.00</b>	<b>100.00%</b>	

В **Таблице 8** приведен материальный баланс процесса с ароматизацией пековых дистиллятов для получения максимального количества пековых коксов

Таблица 8

Замедленного коксования каменноугольного пека с максимальным выпуском коксов			
Сырье	т/год	%	Примечание
Пек среднетемпературный			
Фракция антраценовая II			

Фракция антраценовая III			
<b>ИТОГО сырье</b>	<b>138,300.00</b>	<b>100.00%</b>	
Газы коксования			
Пековые дистилляты			
Кокс пековый			
Потери и влага пирогенетическая			
<b>ИТОГО продукция</b>	<b>138,300.00</b>	<b>100.00%</b>	

В **Главе 7** «Оптимальная технологическая схема при переработке каменноугольных смол и пеков» приведены примеры переработки с использованием процесса гидроочистки каменноугольных смол.

**Внимание!** Использование процесса гидроочистки или гидродесульфуризации обуславливается исключительно качеством коксов, например, при получении коксов для графитовых изделий используемых в атомной энергетике сырье, т.е КУС гидроочищается обязательно.

## 2.1 Описание процессов переработки каменноугольных смолы

////////////////////////////////////

## 2.2 Описание процессов переработки мягких каменноугольных пеков

Официально принято считать, что первая промышленная установка замедленного коксования коксохимического сырья, а именно СТРМТ, производительностью 75 т.т/год пекового кокса была построена в Японии в 1968 г. по проекту американской фирмы «Луммус». Еще через два года была введена в эксплуатацию вторая установка, работающая по такой же технологии, производительностью 120 т.т/год пекового кокса. Установки для переработке СТРМТ получаемого из бурогоугольных и сланцевых смол. Были построены примерно в это же время.

Исследование процесса замедленно коксования коксохимического сырья в СССР было проведено ВУХИН и БашНИИНП в начале 60-х годов, схема мало, чем отличалась от схемы «Луммус», обратное утверждение также будет верным, потому что в любом случае в основе находился процесс замедленного коксования, который эксплуатировался в СССР с 1955 года.

Принципиально схема, разработанная в СССР, а также зарубежные аналоги имеют следующий технологический порядок. //////////////////////////////////

**Внимание!** Соотношение в цене продаж сырого каменноугольного кокса, т.е не разделенного на фракции, кокса разделенного на фракции 0 – 250 и > 250 мм, кокса дробленого до фракции 0 – 70 мм и кокса прокаленного, составляет 1,0:1,15:1,3:2,5.

////////////////////////////////////

**Внимание!** В России и на постсоветском пространстве не существовало промышленных установок замедленного коксования каменноугольных пеков, но данные полученные на пилотных установках оказались вполне сопоставимыми с данными от промышленных установок Японии и Европы.

В **Главе 4, Таблицах 10, 11, 12, 13** приведены сравнительные характеристики коксов из каменноугольных пеков и из нефтяного высокоароматического сырья, углеродных материалов получаемых из них, а также характеристики сырья для ТУ.

Технологические параметры работы УЗК с использованием в качестве сырья мягких пеков и высокоароматического нефтяного сырья очень близки между собой, в случае необходимости при составлении исходных данных на базовый проект сравнительные таблицы будут предоставлены.

По мнению разработчиков моделей для процесса замедленного коксования, мягкий пек можно считать оптимальным сырьем, так как: он дает достаточной высокий коксовый остаток при хороших реологических свойствах, не содержит низкокипящих масел, что исключает возможность возникновения высоких давлений в аппаратуре при нагреве до 400 – 500°C, в состав мягкого пека входят антраценовые фракции, которые при термохимических превращениях переходят в пек, а затем в кокс.

### **3. Качество сырья, полуфабрикатов и готовой продукции**

В **Таблице 9** представлены качественные показатели по всем возможным продуктам, которые могут быть получены при перегонке КУС и переработке каменноугольных пеков. По основному сырью, а так же по пекам и коксам приведены сравнительные показатели для заводов **Mitsubishi Chemical, Япония.**

**Таблица 9**

### **4. Сравнительные характеристики пековых и нефтяных коксов и углеродных продуктов получаемых из них**

В **Таблице 10** представлены характеристики каменноугольного пекового кокса полученного на пилотной установке. Для сопоставления приведены анализы пековых коксов от компаний «Mitsubishi Chemical Holdings Group Sakaide Plant» и «Nittetsu Chemical Industrial Co», а также нефтяного кокса УЗК полученного из тяжелых высокоароматических нефтяных остатках. Как следует из приведенных данных, различия в качественных показателях по сырым коксам, минимальные, а после прокалики разница в качестве сопоставима с уровнем погрешности анализов.

Таблица 10.

Сравнительная характеристика пековых и нефтяных коксов замедленного коксования				
Показатель	Пековые коксы			Нефтяной кокс Красноводского НПЗ
	Пилотная установка БашНИИ НП	Mitsubishi Chemical, Япония	RÜTGERS Group, Польша	
<b>Не прокаленный</b>				
Истинная плотность, г/см <sup>3</sup>				
Летучие вещества, % масс				
Сера, % масс				
Зольность, % масс				
Пористость зерен фракции 4-6 мм, %				
<b>После прокалики до 1300°C</b>				
Истинная плотность, г/см <sup>3</sup>				
Сера, % масс				
Удельное электросопротивление, мкОм-м				
Индекс прочности к дроблению, %				
Индекс истираемости, %				
Пористость зерен фракции 4-6 мм, %				
В числителе показатели с рециклом, в знаменателе без рецикла				

В **Таблице 11** приведены характеристики анодной массы полученной при использовании прокаленного кокса полученного на пилотной установке. Для сопоставления приведены анализы пековых коксов от компаний «Mitsubishi Chemical Holdings Group Sakaide Plant», а также нефтяного кокса УЗК полученного из тяжелых высокоароматических нефтяных остатках.

Таблица 11

Сравнительная характеристика анодной массы полученной из пековых и нефтяных коксов замедленного коксования			
Показатель	Пековые коксы		Нефтяной кокс Красноводского НПЗ
	Пилотная установка БашНИИ НП	Mitsubishi Chemi- cal, Япония	
<b>Необожженная масса</b>			
Содержание связующего, % масс.			
Пластичность, %			
Коэффициент текучести			
Пикнометрическая плотность, г/см <sup>3</sup>			
Пористость, %			
Выход летучих веществ, % масс.			
Зольность, % масс.			
<b>Обоженная масса</b>			
Пикнометрическая плотность, г/см <sup>3</sup>			
Пористость, %			
Зольность, % масс.			
Удельное электросопротивление, мкОм-м			
Механическая прочность, МПА на сжатие			

на разрыв			
Модуль нормальной упругости, МПа			
Газопроницаемость, см/мин			
Усадка, %			

В **Таблице 12** приведены характеристики анодной массы полученной при использовании прокаленного кокса полученного на пилотной установке. Для сопоставления приведены анализы пековых коксов от компаний «Mitsubishi Chemical Holdings Group Sakaide Plant», а также нефтяного кокса УЗК полученного из тяжелых высокоароматических нефтяных остатках.

Таблица 12.

**Сравнительная характеристика анодной массы полученной из пековых и нефтяных коксов замедленного коксования**

Показатель	Пековые коксы		Нефтяной кокс Красноводского НПЗ
	Пилотная установка БашНИИ НП	Mitsubishi Chemical, Япония	
<b>Необожженные изделия</b>			
Кажущаяся плотность г/см <sup>3</sup>			
<b>Обоженные изделия</b>			
Кажущаяся плотность г/см <sup>3</sup>			
Удельное электросопротивление, мкОм-м			
<b>Графитированные изделия</b>			
Истинная плотность, г/см <sup>3</sup>			
Кажущаяся плотность г/см <sup>3</sup>			
Пористость, %			
Механическая прочность, МПа			
на сжатие			
на разрыв			
на изгиб			
Модуль нормальной упругости, МПа			
Удельное электросопротивление, мкОм-м			
Температурный коэффициент линейного расширения, $\alpha \cdot 10^6$ , 1/К			

Пековые дистилляты получаемые в процессе коксования СТРМТ, как замедленного, так и камерного, могут быть использованы по двум направлениям, как это и показано в материальных балансах **Таблицы 7 и 8**, либо они вовлекаются в процесс коксования, либо реализуются как сырьё для ТУ. Качество сырья для производства ТУ (сажи) определяется рядом физико-химических показателей, основным из которых является индекс корреляции, характеризующий степень ароматизации. Чем выше индекс корреляции сырья, тем выше выход и дисперсность ТУ (сажи). Для производства высокодисперсных саж, индекс корреляции должен быть не менее 120.

В **Таблице 13** приведены характеристики различных видов сырья для ТУ:



- вторая антраценовая фракция
- пековый дистиллят замедленного и камерного коксования
- тяжелый дистиллят замедленного коксования нефтяного высокоароматического сырья

Таблица 13

Сравнительные характеристики сырья для производства технического углерода			
Показатель	Антраценовая фракция II	Пековый дистиллят замедленного коксования	Тяжелые дистилляты УЗК Красноводского НПЗ
Плотность при 20°C, г/см <sup>3</sup>			
Температура °C			
начало кипения			
50% отгона			
Коксуемость, %			
Вязкость при 100°C, 10 <sup>-6</sup> м <sup>2</sup> /с.			
Индекс корреляции			

Как видно из **Таблицы 13**, пековые дистилляты замедленного или камерного коксования являются лучшим видом сырья по сравнению с антраценовыми фракциями и находятся на одном уровне с тяжелыми дистиллятами замедленного коксования нефтяного высокоароматического сырья.

#### 5. Укрупненная оценка операционных затрат процессов переработки

Принимая во внимание, что данный отчет является техническим предложением и его основная цель это демонстрация возможностей по использованию проектной схемы завода углубленной переработки тяжелых нефтяных остатков для работы на иных типах сырья, мы посчитали возможным представить операционные затраты в **Таблице 14** без излишней детализации.

Таблица 14

Операционные затраты на процессы переработки каменноугольного сырья				
№ п/п	Технологическая конфигурация	Мощность установки т.т/год	Процессинг евро /т	Примечание
1	Прием и хранение смолы, усреднение состава, обезвоживание и обессоливание	150-200		На тонну смолы
2	Прием, хранение и плавление мягких пеков	150-200		На тонну пека
3	Ректификация каменноугольной смолы	150-200		На тонну смолы
4	Замедленное коксование мягких пеков (с учетом дополнения до 30% высокоароматического нефтяного сырья)	150-200		На тонну пека
5	Гидроочистка каменноугольной смолы	150		На тонну смолы
6	Производство водорода	1.7		
7	Сероочистка газов	3.0		
<b>A</b>	<b>Процессинг полного цикла переработки КУС для п. 1,3,4,5,6,7</b>			<b>С использованием ГО</b>

<b>В</b>	<b>Процессинг полного цикла переработки КУС для п. 1,3,4,7</b>			<b>Без использования ГО</b>
<b>С</b>	<b>Процессинг для переработки пеков п. 2,4,7</b>			

Процессинг полного цикла переработки КУС под №А используется в том случае, если к качеству коксов предъявляются повышенные требования по сере, например использование коксов для графитовых изделий в атомной энергетике. Процессинг полного цикла переработки КУС под №В используется для получения коксов с содержанием серы определяемым качеством смолы. Процессинг под №С используется в том случае, если в качестве сырья для производства коксов на УЗК используются привозные мягкие пеки, без переработки каменноугольной смолы.

#### **6. Оценка капитальных затрат для реконфигурации УЗК нефтяного сырья для работы на каменноугольных смолах и пеках**

В **Таблице 15** приведены капитальные затраты на строительство новой установки фракционирования КУС, которая необходима переходе на полный цикл переработки каменноугольного сырья. В таблице не учитывается возможная адаптация оборудования, которое частично или полностью оказывается не задействованным при отказе от переработки тяжелых нефтяных остатков.

**Таблица 15**

<b>Оценка капитальных затрат в границах установки фракционирования каменноугольных смол (Евро)</b>	
<b>Основное оборудование в границах установки, без ОЗХ</b>	
Монтаж основного оборудования	
Системы управления, инструменты и КиП (материалы и монтаж)	
Трубопроводы (материалы и монтаж)	
Электрические системы (материалы и монтаж)	
Строительные конструкции и эстакады	
Здания и сооружения (включая надзор)	
Благоустройство, дороги, площадки	
<b>Итого основные расходы</b>	
Инжиниринг (базовый, детальный, генеральный, без учета лицензирования)	
Управление строительством и юридические услуги	
Не предвиденные расходы	
<b>Итого косвенные расходы</b>	
<b>Всего: основные и косвенные</b>	

В **Таблице 16**, представлены принципиальные варианты использования оборудования и элементов технологических схем при использовании в качестве сырья каменноугольной смолы или только каменноугольного пека, но конечно же эти варианты должны быть подтверждены расчетами на уровне базового проекта.

## Таблица 16

**7. Оптимальная технологическая схема при переработке каменноугольных смол и пеков. Performance Technologies для получения высококачественных и сверхвысококачественных коксов.**

**7.1. Переработка каменноугольных смол и пеков с получением коксохимической продукции и высококачественных коксов** производится с использованием секции // позволило существенно повысить качество выпускаемых коксов и химических продуктов. // Принципиальная схема процесса // показана на **Схеме 3.**

**Схема 3.**

Принцип работы секции // заключается в смешении КУС // при температуре 70 – 140°C в соотношении //, доля КУС в растворителе составляет 25 – 32% масс. // работающий при температуре 30 – 100°C, // консистенция осаждаемого продукта – вязкая, смолоподобная масса.

//

**Фракционирование/Dividing Wall Column (DWC)** позволяет //

**7.2. Переработка каменноугольных смол и пеков с получением дизельной фракции, ароматической нефти и сверхвысококачественного кокса** производится с использованием //, которая уже была описана ранее, и последующей гидроочисткой (ГО). Процесс ГО смолы // позволяет получать коксы чрезвычайно высокого качества. ГО осуществляется на катализаторах // в жестких условиях температуры и давления. Использование процесса ГО КУС с целью получения моторных топлив известно более 70 лет, но его экономическая эффективность крайне не велика, возможно, что именно поэтому разработчики технологии обратили свое внимание на качество получаемого пекового кокса, и результат не заставил себя ждать, так как добавленная стоимость получаемого сверхвысококачественного кокса чрезвычайно высока. // с выделением боковых погонров – фракции ароматической нефти и дизельной фракции, которая по своему качеству очень близка к товарному дизелю.

## Схема 4

Пековые коксы получаемы по **Схемам 3 и 4** применяется для изготовления графитовой кладки ядерных реакторов, электродов для ионно-литиевых батарей, электрохимических конденсаторов, графита для косметики, и т.д. Рыночная стоимость пековых коксов получаемых из ГО сырья более чем в два раза выше чем аналогичных коксов из не ГО сырья. Пековые коксы получаемые из сырья очищаемого с использованием секции QI – веществ по своей рыночной стоимости на порядок и более дороже, чем коксы получаемые из сырья без использования секции QI – веществ.

Мягкие пеки из ГО смолы, являются идеальным сырьем для углеволокна обладающего рядом специфических свойств, которые востребованы в военной промышленности.

**ВЫВОДЫ,**

1. Работа завода по Схеме 2 с использованием в качестве основного сырья КУС технически возможна и определена по операционным и капитальным **затратам в Таблицах 14, 15, 16.**

2. Работа завода по Схеме 2 с использованием в качестве основного сырья мягких пеков технически возможна и определена по операционным и капитальным **затратам в Таблицах 14, 15, 16.**

3. Работа по **Схеме 4** с нашей точки зрения, является наиболее экономически эффективной в комплексе с нынешней проектной схемой на нефтяном сырье «А» или «Б». Работа по **Схеме 4** с использованием в качестве сырья КУС может не превышать 25 – 30 тыс. т/год, что позволит:

- использовать не значительный избыточный потенциал по водороду
- получать дополнительные количества товарного дизельного топлива, не менее 10 – 12 тыс.т/год
- получать ароматическую нефть или БТК фракцию, не менее 4 – 6 тыс. т/год
- получать высокочистые пеки, как сырье для углеволокна
- получать сверхвысококачественные пековые коксы в количестве не менее 10 тыс. т/год, что позволит нивелировать низкую маржинальность нефтяных коксов при работе на сырье «А»

