



КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. АЛЬ-ФАРАБИ

Факультет химии и химической технологии

ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕРАБОТКИ УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ

Василина Гулзира Кажмуратовна

кандидат химических наук,

Старший преподаватель кафедры физической химии, катализа и нефтехимии

Лекция 5

Коксование

План лекции

- ▣ **Назначение процесса коксования нефтяного сырья**
- ▣ **Химизм процесса коксования**
- ▣ **Типы коксования тяжелых нефтяных остатков**
- ▣ **Технологическое оформление процесса коксования**
- ▣ **Основные факторы процесса**

НАЗНАЧЕНИЕ ПРОЦЕССА КОКСОВАНИЯ НЕФТЯНОГО СЫРЬЯ

1 **Основное целевое назначение коксования** – производство кокса и дистиллятных продуктов (бензина и газойлей) из тяжелых углеводородных остатков.

2 **Решается 2 задачи:**

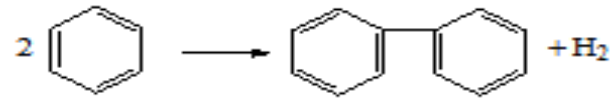
- Получение нефтяного кокса
- Углубление переработки нефти

3 **Спрос на нефтяной кокс:**

- Производство высоколегированной стали, цветных металлов, электроэнергии
- Развитие реактивной техники, аппаратостроения, атомной энергетики и т.п.

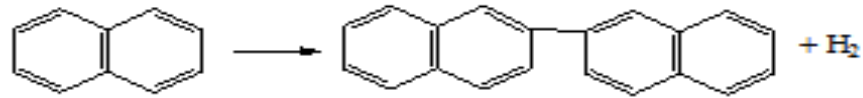


Химизм процесса



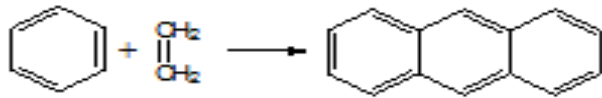
бензол

дифенил



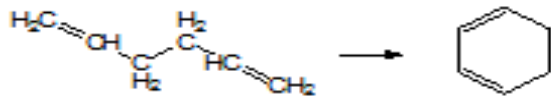
нафталин

динафталин



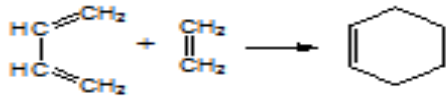
бензол этилен

антрацен



гексадиен-1,5

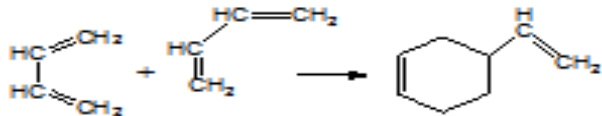
циклогесадиен-1,3



бутадиен-1,3

этен

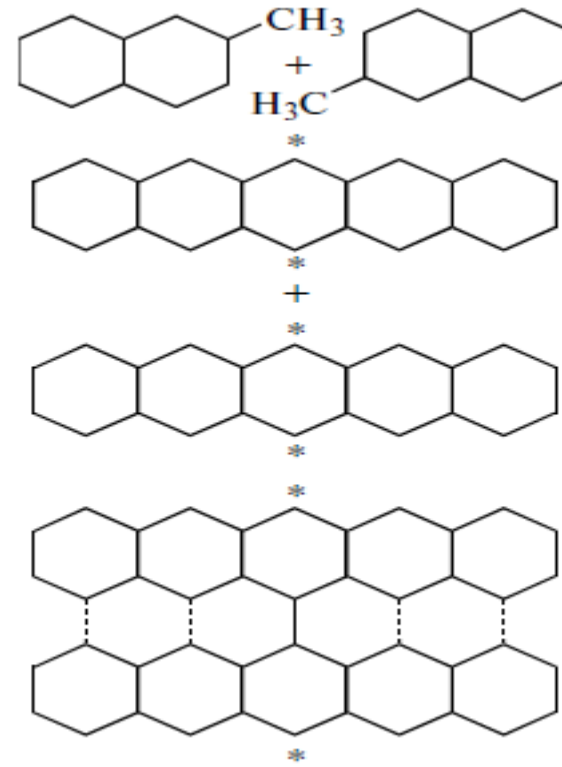
циклогексен



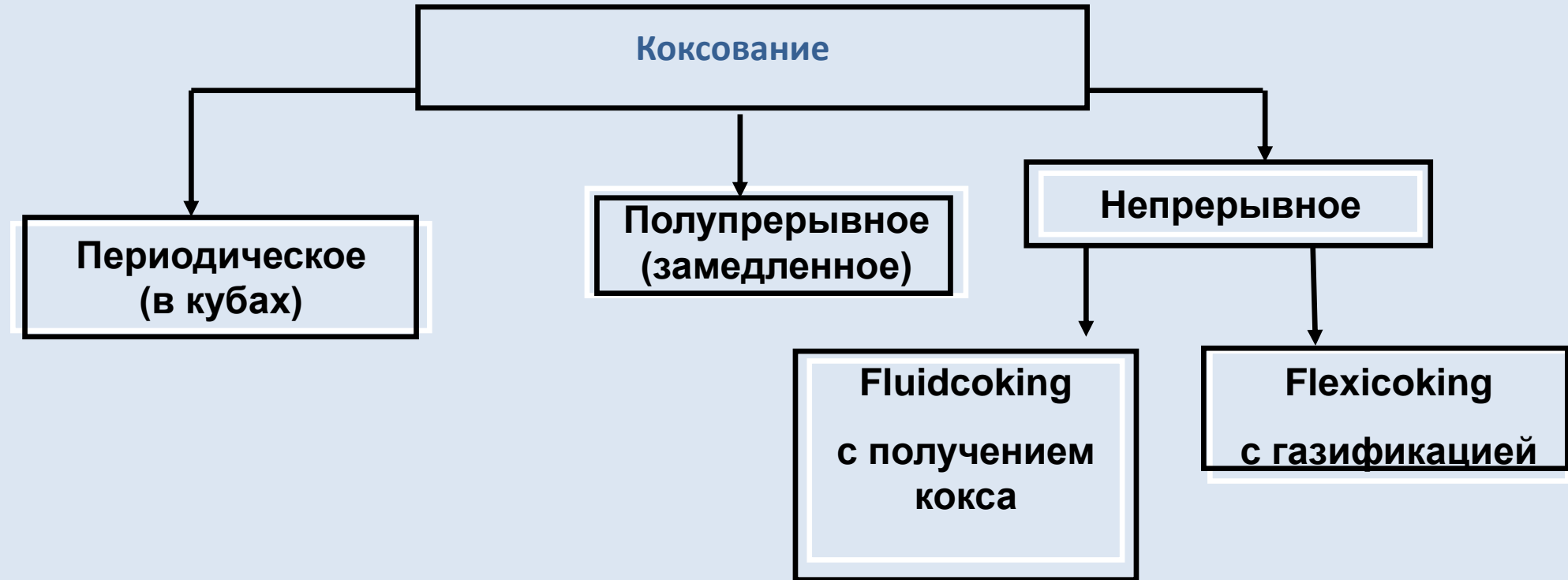
бутадиен-1,3

1-винил-циклогесен-3

Основными коксогенами сырья являются смолисто-асфальтеновые вещества



Классификация



НАЗНАЧЕНИЕ ПРОЦЕССА КОКСОВАНИЯ НЕФТЯНОГО СЫРЬЯ

Сырье

- тяжелые фракции нефти, образующиеся в результате атмосферной и вакуумной перегонки нефти (мазут, полугудрон, гудрон),
- тяжелые нефтяные остатки (ТНО):
- крекинг-остатки от термического крекинга мазута и гудрона,
- тяжелый газойль каталитического крекинга,
- остатки масляного производства

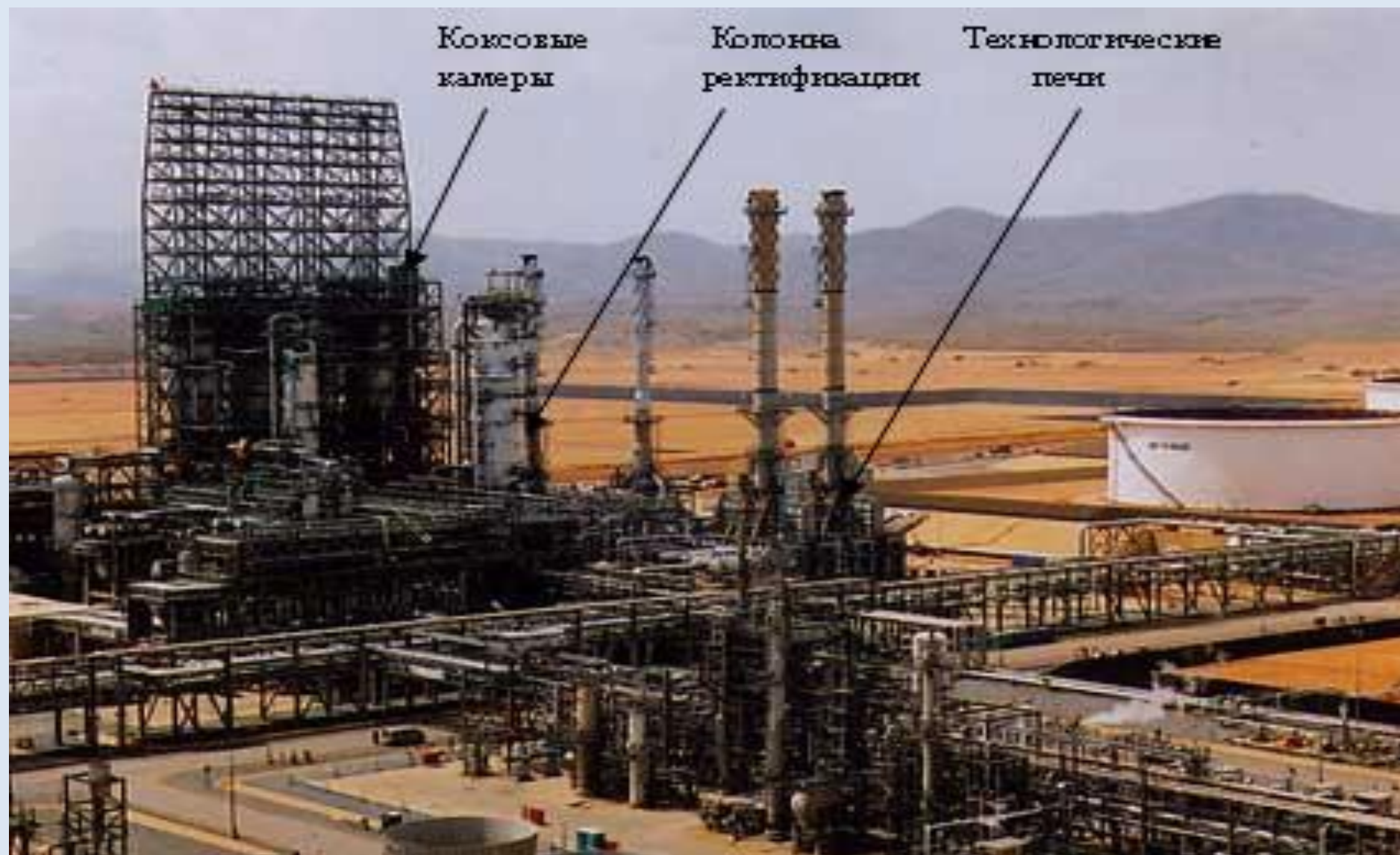


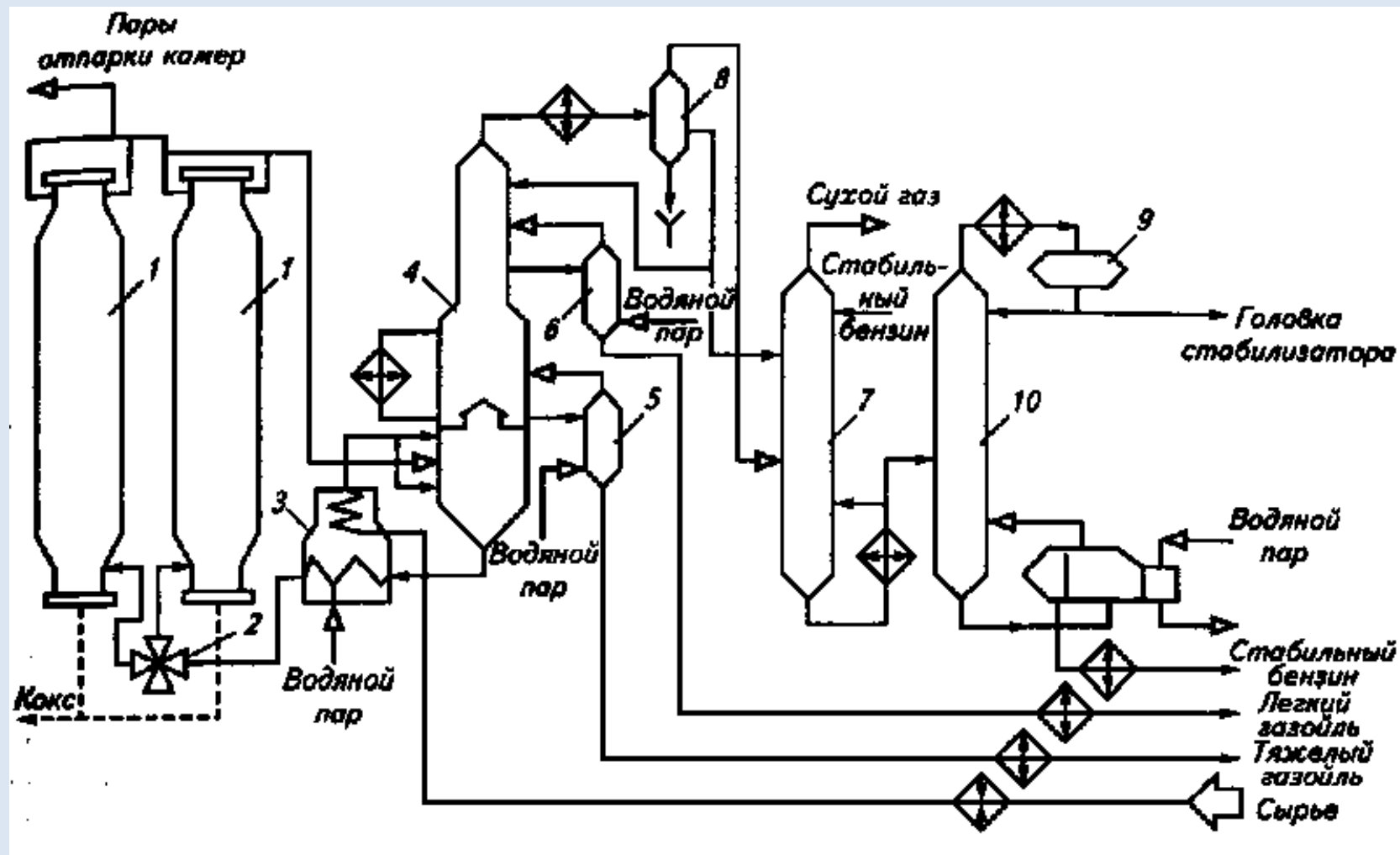
Условия проведения процесса

$P=0,2-0,3$ МПа, $T=480-560^{\circ}\text{C}$



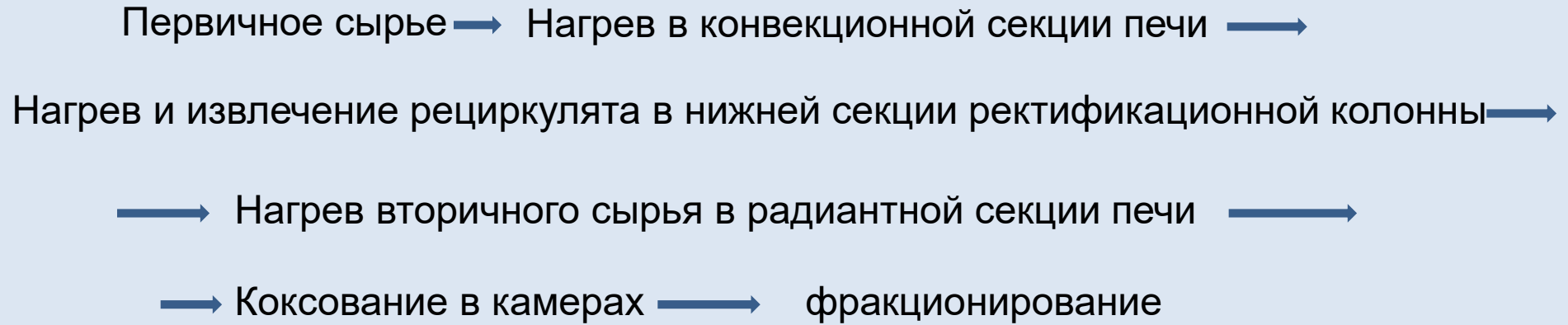
УЗК



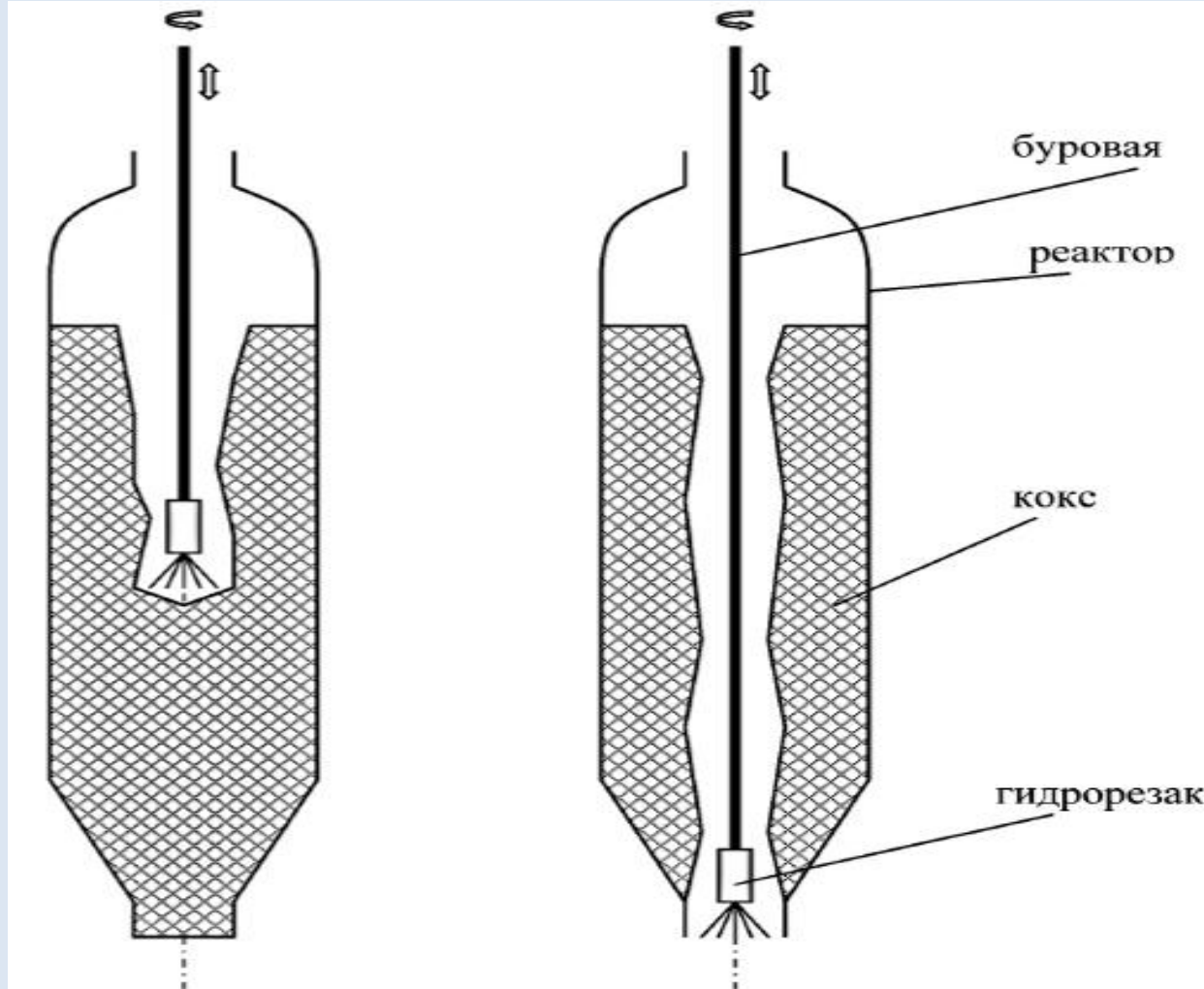


Принципиально-технологическая схема двухблочной установки замедленного коксования

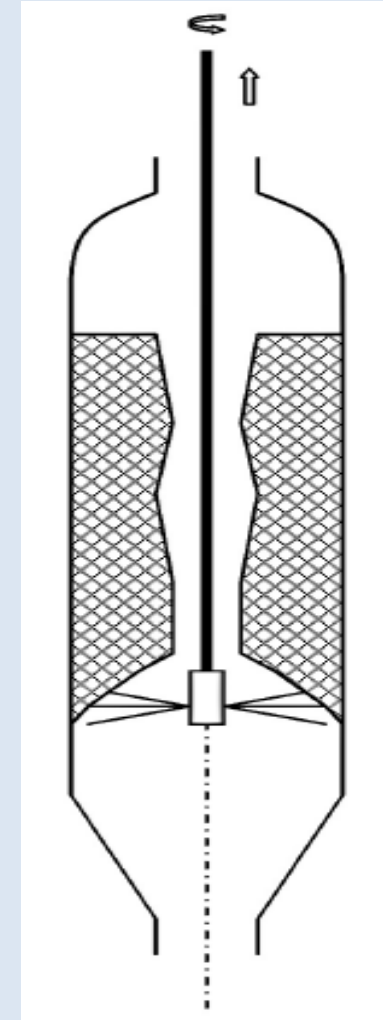
Установки процесса замедленного коксования



Стадии гидроудаления кокса из реактора



Режим бурения

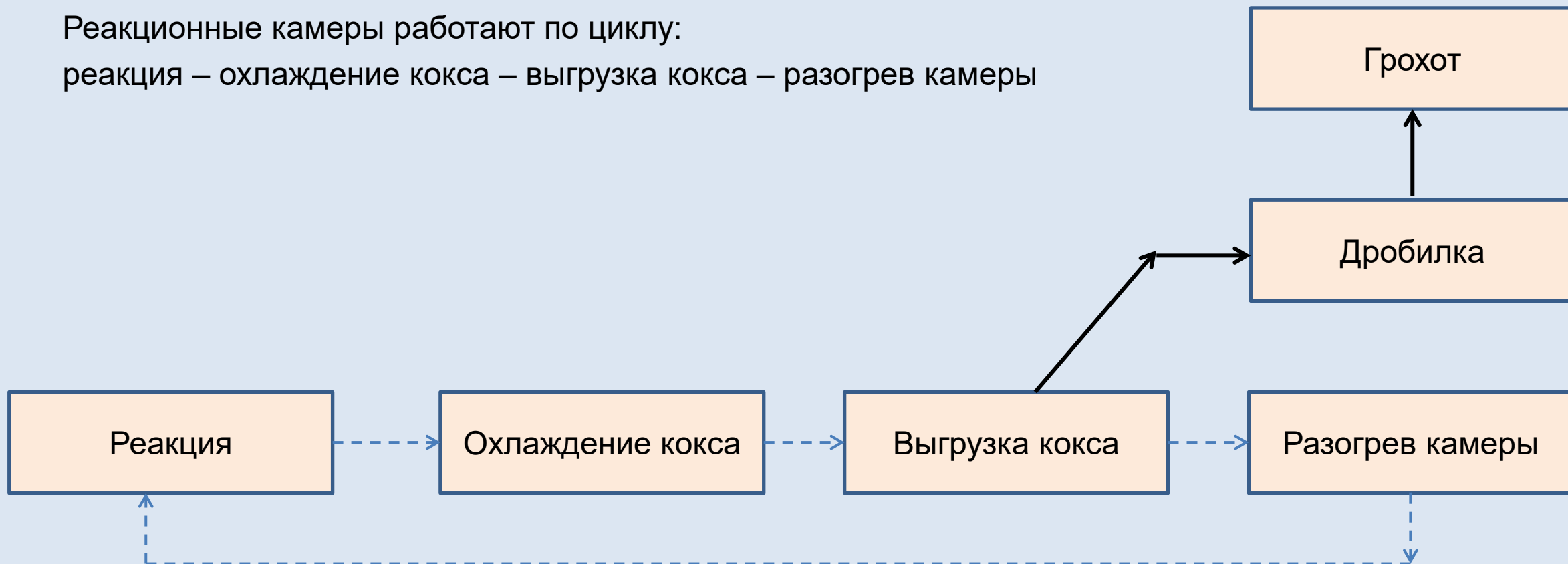


Режим гидровыгрузки

Технологический цикл работы коксовых камер

Реакционные камеры работают по циклу:

реакция – охлаждение кокса – выгрузка кокса – разогрев камеры



Технологический режим процесса коксования

Показатель	Значение
Температура на входе в К-1, °С	370–375
Температура на выходе из К-1, °С	380–400
Температура сырья на входе в Р-1-Р-4, °С	480–520
Температура продуктов коксования на выходе из Р-1-Р-4, °С	420–430
Давление в коксовых камерах, кгс/см ²	1,7–6,1
Давление воды на резку кокса, кгс/см ²	150

Материальный баланс установки замедленного коксования

Показатель	Сырье 1 (гудрон)	Сырье 2 (крекинг-остаток)
Поступило сырья, % мас.	100	100
Получено, % мас.		
Углеводородный газ	5,9	5,0
Головка стабилизации	2,7	2,2
Бензин, н.к.-180 °С	13,0	5,5
Легкий газойль	28,5	25,8
Тяжелый газойль	25,9	28,5
Кокс		
Фр. выше 25 мм	10	11,8
Фр. ниже 25 мм	14	22,2

Теоретические сведения

Периодическое коксование (в кубах)

- Простой и старый способ
- Применяется для получения электродного кокса (крупнокускового)
- Процесс не перспективен – малая производительность и небольшой срок службы коксовых кубов, большие энергозатраты на выгрузку кокса

Непрерывное коксование (в «кипящем» слое)

- Целевое назначение – газ, жидкие продукты
- Частицы кокса – 0,1-0,5 мм
- Кокс получается порошкообразный

Теоретические сведения

Периодическое коксование. Этапы.

- 1** Сырьё загружается в куб ($d = 2-6$ м).
- 2** Постепенный нагрев.
 - При $t=350$ °С из сырья выделяются жидкие и газообразные продукты.
 - При $t=400-450$ °С температуру стабилизируют и протекают основные реакции.
- 3** Продукты распада охлаждают и разделяют.
- 4** В жидкой фазе образуется кокс.
- 5** После прекращения реакции коксообразования производится прокалка кокса.
- 6** По окончании прокалки кокс выгружают механически.

Теоретические сведения

Требования к коксу

1 Гранулометрический состав:

- Целевая фракция (кусовой кокс) – размер частиц **> 25 мм**.
- Орешек – размер частиц **8-25 мм**.
- Мелочь – размер частиц **< 8 мм**.

2 Содержание серы:

- Малосернистые – **S < 1 %**.
- Среднесернистые – **S = 1-1,5 %**.
- Сернистые – **S = 1,5-4 %**.
- Высокосернистые – **S > 4 %**.

3 Зольность:

- Малозольные – **до 0,5 %**.
- Среднезольные – **0,5-0,8 %**.
- Высокозольные – **более 0,8 %**.

4 Содержание летучих – **не более 6,5-10 %** и т.д.

Теоретические сведения – коксование в псевдоожиженном слое

Процесс трехстадийный

Собственно коксование, образование основной массы продуктов разложения и уплотнения в псевдоожиженном слое

Сушка или прокаливание кокса, удаление летучих

Вторичные реакции распада и уплотнения продуктов коксования в газовой фазе

ТКК, Флюид-кокинг, ФЛЕКСИКОКИНГ

Теплота для прохождения реакции выделяется при частичном сгорании кокса в коксонагревателе (ТКК, Флексикокинг) или печи (Флюид-кокинг)

Нагретые частицы кокса направляются в реактор, а холодные - в коксонагреватель или печь-нагреватель

Остаточное сырье распыляется над псевдооживленным слоем кокса

Реакции коксования протекают в тонком слое на поверхности частиц кокса. Мелкие частицы обеспечивают большую площадь реакции

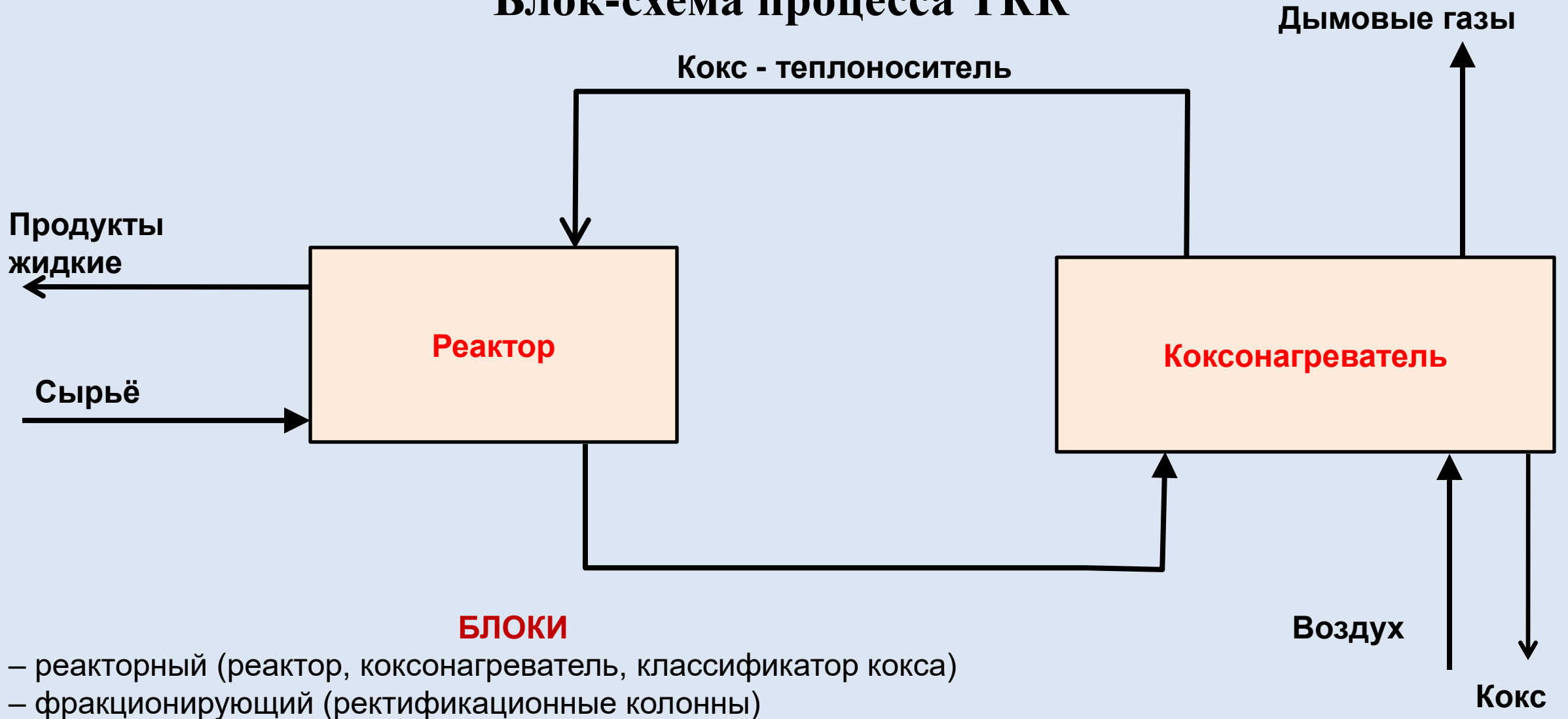
Слой кокса оживляется парами продуктов и водяного пара

Парообразные продукты выводятся из реактора через циклон в скруббер

В скруббере тяжелые фракции конденсируются и возвращаются в реактор. Легкие фракции сверху отводятся в колонну ректификации

ТКК

Блок-схема процесса ТКК



ТКК

Достоинства	Недостатки
Непрерывность процесса	Металлоемкость
Высокая мощность (до 2 млн. т/год)	Кокс низкого качества (в качестве топлива)
Возможность автоматизации	
Выработка ВП высокого давления	
Долгий межремонтный пробег (до 2 лет)	
Отсутствие трубчатых печей	

УЗК и ТКК (Флексикокинг)

ТКК (Флюид-кокинг), Флексикокинг	УЗК
Выше выход жидких продуктов	Лучше качество жидких продуктов
Непрерывность (малая численность персонала, стабильная эксплуатация, отсутствие циклов нагрева и охлаждения оборудования)	Цикличность (высокая численность персонала, эксплуатация колонны в нестабильном режиме, нагрузка на емкости за счет циклов нагрева и охлаждения)
Любое тяжелое сырьё	Очень тяжёлое сырьё может привести к закоксовыванию змеевика печи
Для получения тепла используется сам кокс	Для получения тепла используется топливный газ
Низкое потребление топливного газа, большая выработка пара	Высокое потребление топливного газа, выработка пара равна нулю
Легкая очистка коксового газа от серы	Проблемы хранения кокса, необходимость использования топливного газа с низким содержанием серы
Высокая производительность на одной нитке	Низкая производительность на одной нитке