

# ПЕРЕРАБОТКА ТВЕРДОГО ТОПЛИВА

# ВИДЫ ТВЕРДОГО ТОПЛИВА



Природное (ископаемое)-естественные твердые горючие вещества, образовавшиеся из остатков отмерших растений

- Каменный, бурый уголь
- Торф
- Антрацит
- Горючие сланцы



Искусственное (синтетическое)-получено пирогенетической переработкой различных видов природного топлива

- кокс
- Брикеты
- Угольная пыль

# ВСЕ ИСКОПАЕМЫЕ ТВЕРДЫЕ ТОПЛИВА ДЕЛЯТСЯ НА:

## Сапропелиты

- Возникли в результате восстановительного разложения остатков илистых отложений (сапропеля). . К сапропелитам относятся горючие битуминозные сланцы

## Гуммолиты

- возникли в результате окислительного разложения остатков высших растений. Основные виды ископаемых твердых топлив (торф, бурые и каменные угли, антрацит) относятся к гуммолитам.

*Степень углефикации (метаморфизма)* - среднее содержание углерода в топливе (в мас.%, или дол.).

По возрастанию степени углефикации твердые гуммитовые топлива образуют генетический ряд:

Торф → бурые угли → каменные угли → антрацит

# ХАРАКТЕРИСТИКА КАМЕННЫХ УГЛЕЙ

- ◉ **Зольность.** Золой называется негорючая часть угля, состоящая из минеральных веществ, содержащихся в топливе ( 3 -30%). Угли, используемые для коксования, должны иметь зольность не выше 7-7,5%.
- ◉ **Влажность.** Общая влажность угля состоит из внешней, образующей капли или пленки на поверхности, и внутренней (пирогенетической), выделяемой в процессе коксования( не должна превышать 7%)
- ◉ **Сернистость.** Сера в каменных углях находится в виде колчеданной, сульфатной и органической (0,4 - 8%) .
- ◉ **Выход летучих веществ.** Летучими веществами каменного угля называются парообразные и газообразные вещества, выделяющиеся из угля при нагревании его без доступа воздуха при определенной фиксированной температуре.
- ◉ **Коксуемость**

# КЛАССИФИКАЦИЯ КАМЕННЫХ УГЛЕЙ

Марка угля		Выход летучих веществ, %	Толщина пластического слоя, мм
Наименование	Обозначение		
Длиннопламенный	Д	42	-
Газовый	Г	35	6–15
Жирный	Ж	35–27	13–20
Коксовый	К	27–18	14–20
Отощенный спекающ.	ОС	22–14	6–13
Тощий	Т	17–19	-
Антрацит	А	9	-

# ПРОЦЕССЫ ПИРОГЕНЕТИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ТВЕРДОГО ТОПЛИВА

## пиролиз

- процесс нагревания твердого топлива без доступа воздуха с целью получения из него твердых, жидких и газообразных продуктов различного назначения.

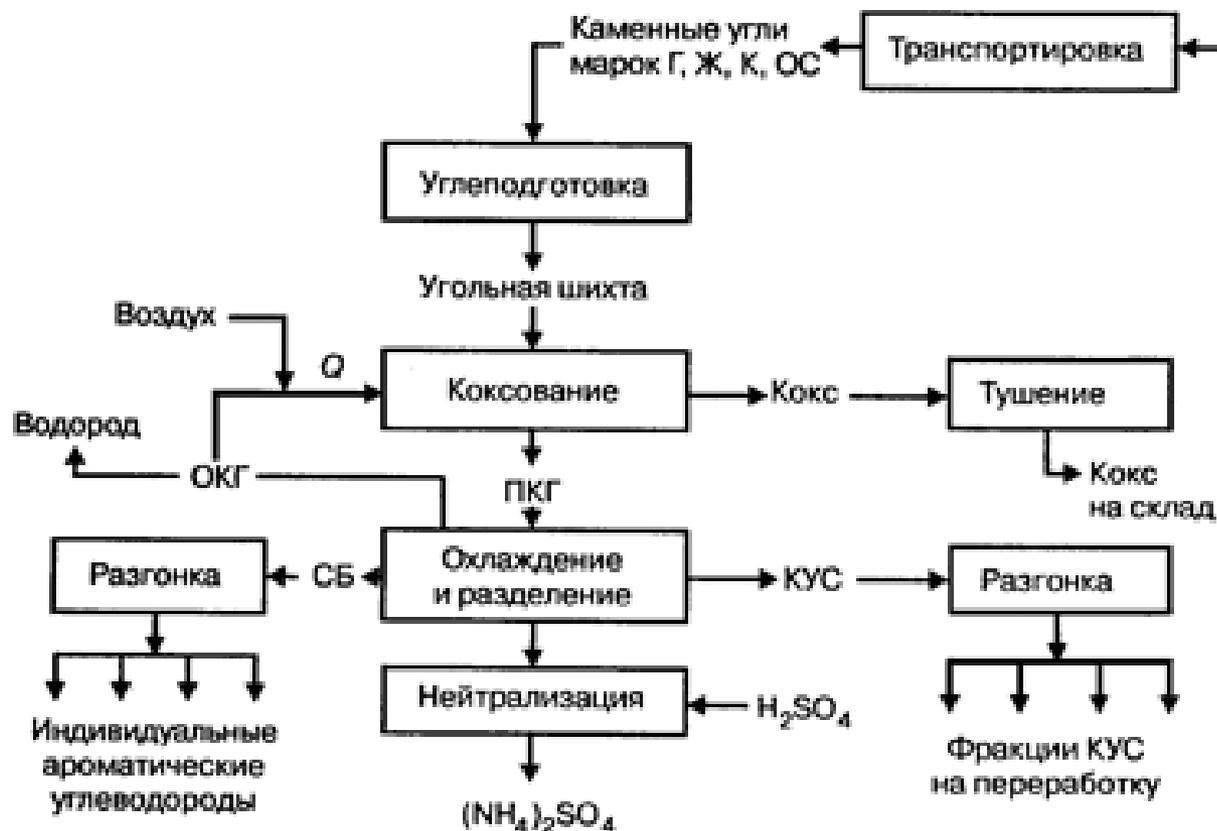
## гидрирования и газификации

- получение из твердого топлива соответственно жидких продуктов, используемых в качестве моторного топлива, и горючих газов.

# КОКСОВАНИЕ КАМЕННОГО УГЛЯ

- ◎ **Коксование** - разновидность сухой перегонки (пиролиза) каменного угля, проводимая при 900-1200°С с целью получения кокса, горючих газов и сырья для химической промышленности.

# ОБЩАЯ СХЕМА КОКСОХИМИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА



# УГЛЕПОДГОТОВКА-ПРОЦЕСС СОСТАВЛЕНИЯ УГОЛЬНОЙ ШИХТЫ

- ◉ *Усреднение состава угольной шихты* ставит целью выравнивание качества углей внутри каждой их группы
- ◉ *Обогащение углей* для понижения содержания в них минеральных примесей проводится методами отсадки, сепарации и флотации.
- ◉ *Дозирование компонентов*
- ◉ *Измельчение коксующего сырья*
- ◉ *Шихтовка, или смешение компонентов*

# ХИМИЧЕСКИЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ ПРИ КОКСОВАНИИ (ПЕРВИЧНЫЕ):

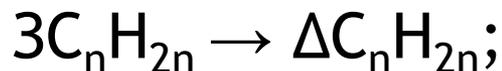
- ⊙ реакции деструкции сложных молекул;
- ⊙ реакции фенолизации;
- ⊙ реакции карбонизации органической части угля;
- ⊙ реакции отщепления атомов водорода, гидроксильных, карбоксильной и метоксильной  $\text{OCH}_3$  групп.

# ХИМИЧЕСКИЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ ПРИ КОКСОВАНИИ (ВТОРИЧНЫЕ):

- ⊙ - реакции крекинга алканов



- ⊙ - реакции полимеризации алкенов



- ⊙ - реакции дегидрогенизации нафтенов



- ⊙ - реакции конденсации ароматических углеводородов, например



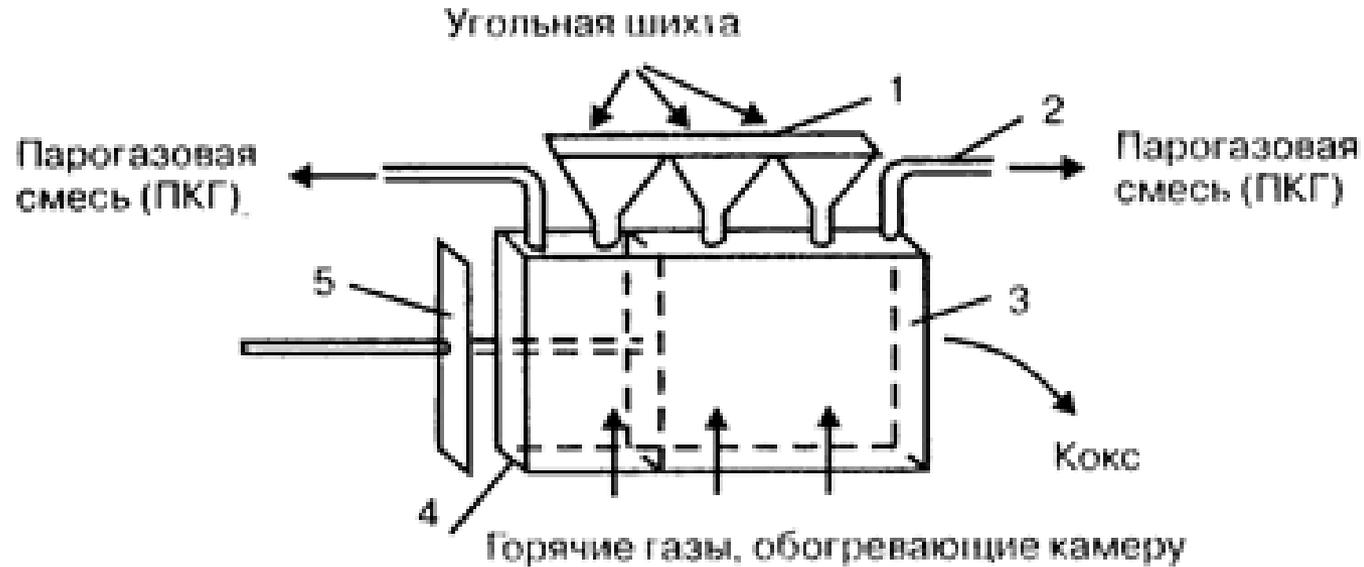
- ⊙ - реакции образования карбенов с последующим превращением их в полукоксы и коксы.

# ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ПРОЦЕССОВ, ПРОТЕКАЮЩИХ В ШИХТЕ ПРИ ПОВЫШЕНИИ ТЕМПЕРАТУРЫ В ПЕЧИ

- - 250°С - отщепление  $H_2O$ ,  $CO$ ,  $CO_2$ ,  $H_2$ ;
- - 300°С - начало выделения КУС, выделение пирогенетической воды;
- - 350-500°С - пластификация угольной шихты;
- - 500-550°С - разложение органической части угля с выделением первичного газа и паров первичной смолы, спекание твердого остатка с образованием полукокса;
- - 600-700°С - разложение полукокса и полное выделение летучих веществ;
- - 700°С - упрочнение твердой массы и образование кокса.

# ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС КОКСОВАНИЯ

# СХЕМА КОКСОВОЙ ПЕЧИ



1 – бункера для загрузки шихты; 2 – стояк для отвода летучих продуктов; 3 – передняя дверца; 4 – задняя дверца; 5 – коксовый талкиватель

# ХАРАКТЕРИСТИКИ КОКСОВЫХ ПЕЧЕЙ ТИПА ПВР

$V_{II}$ , м <sup>3</sup>	Размеры, м			$m_{ш}$ , т	$\tau_k$ , Ч	$\Pi_k$ , т/год	$W$ , мм/ч
	Б	$h$	/				
21,6	0,407	4,3	14,08	23,3	16	729	27,3
32,3	0,410	5,5	16,00	23,5	14	730	-
41,6	0,410	7,0	16,00	30,6	14	1000	32,0

$V_n$  – полезный объем камеры;  $b$  – ширина камеры;  $h$  – высота камеры;  $l$  – длина камеры;  $m_{ш}$  – масса загружаемой в камеру шихты с влажностью 0,085 мас. дол.;  $\tau_k$  – время коксования;  $\Pi_k$  – производительность по коксу с влажностью 0,06 мас. дол.;  $W$  – скорость коксования

# СТАДИИ ПРОЦЕССА КОКСОВАНИЯ

- **1 Загрузка шихты** в камеру печи и разравнивание шихты штангой (планиром).
- **2 Коксование.** Период коксования с добавкой времени на операции загрузки шихты и выгрузки кокса (9-10 минут) называется временем оборота или *оборотом печи*.
- **3 Выгрузка кокса (выдача коксового «пирога»)** с помощью коксовыталкивателя в тушильный вагон. При периоде коксования 13-16 часов и числе печей в коксовой батарее 68-78 выдача кокса следует каждые 10-12 минут.
- **4 Тушение кокса.**
- **5 Сортировка кокса.**

# ТУШЕНИЕ КОКСА:

## Сухое

- CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> образующиеся при пуске установки тушения в результате продувки воздухом первой порции раскаленного кокса.

## Мокрое

- орошение в тушильной камере водой

УЛАВЛИВАНИЕ И  
РАЗДЕЛЕНИЕ ЛЕТУЧИХ  
ПРОДУКТОВ  
КОКСОВАНИЯ

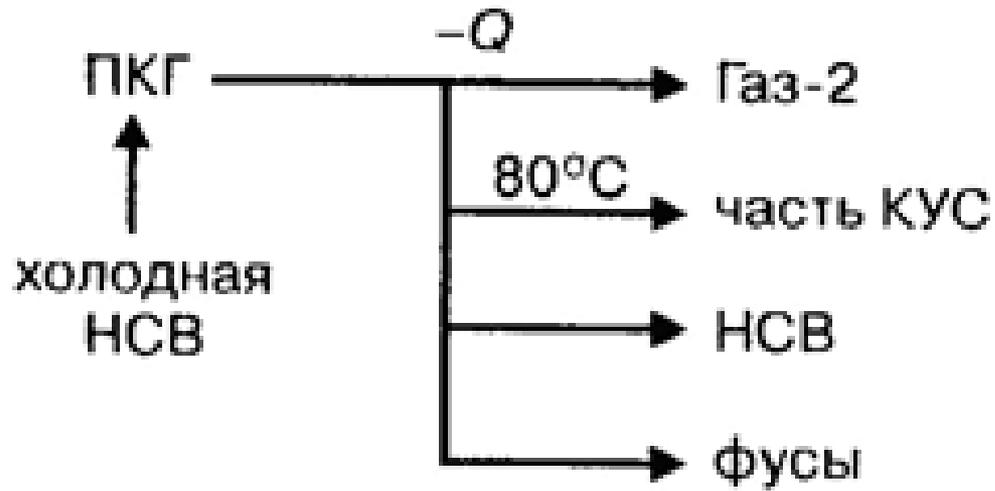
## СОСТАВ И ВЫХОД ЛЕТУЧИХ ПРОДУКТОВ

- ◎ *прямой коксовый газ (ПКГ), составляет до 15% от массы коксуемой шихты,*
- ◎ *обратный коксовый газ (ОКГ)*

# ОСНОВНЫЕ КОМПОНЕНТЫ ПКГ

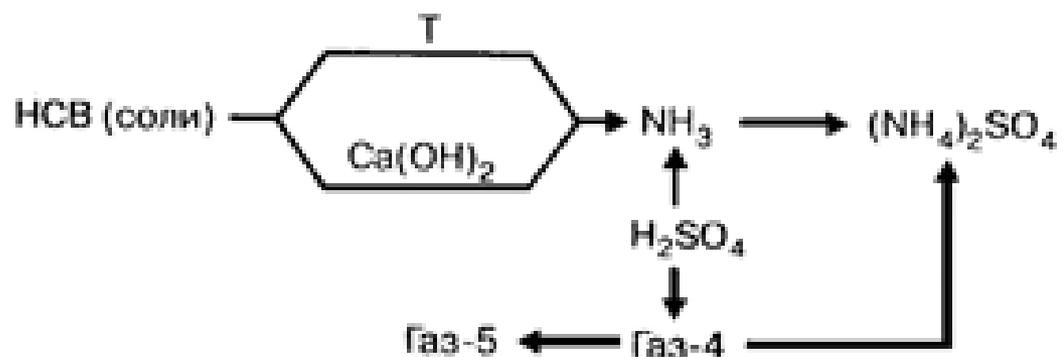
Вещество	Содержание, г/м <sup>3</sup>
Пары воды (пирогенетической и влаги шихты)	250 – 450
Каменноугольная смола (пары)	80 – 150
Ароматические углеводороды	30 – 40
Аммиак	8 – 13
Нафталин	до 10
Сероводород	6 – 40
Цианистый водород	0,5 – 2,5

# ОХЛАЖДЕНИЕ (I СТАДИЯ)

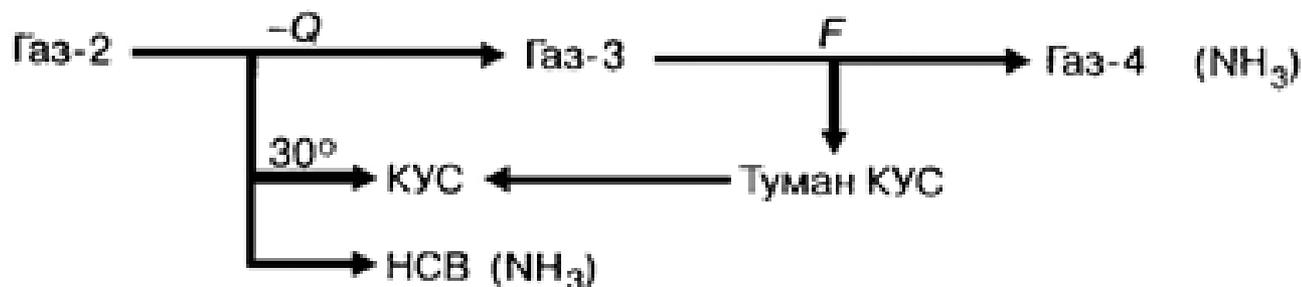


Увлеченная током газа каменноугольная пыль в смеси с КУС оседает в виде фусов.

# ОХЛАЖДЕНИЕ (II СТАДИЯ)



# ВЫДЕЛЕНИЕ АММИАКА



в холодильниках, орошаемых НСВ, конденсируется основная масса КУС, к которой добавляется КУС, оседающая из ее тумана в электрофилтрах, и НСВ, содержащая до 30% аммиака в виде его солей. Остальной аммиак (до 70%) остается в газе.

# УЛАВЛИВАНИЕ АММИАКА

Аммиак после охлаждения ПКГ содержится:

- в свободном состоянии в газе-4
- в виде растворенных солей аммония в НСВ, образовавшихся при взаимодействии аммиака с сероводородом, оксидом углерода (IV), хлористым водородом, цианистым водородом и другими компонентами ПКГ

- *Стойкие соли при высокой температуре* ( $\text{NH}_4\text{CN}$ ,  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ) обрабатывают гидроксидом кальция:

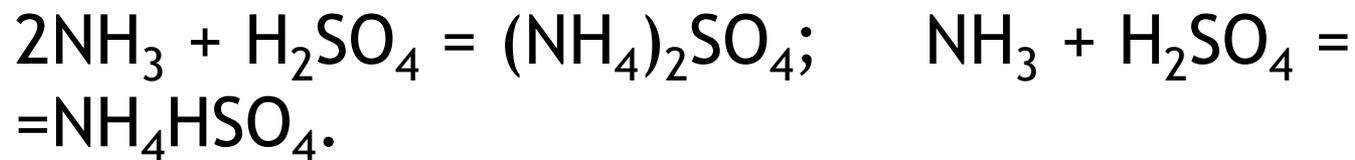


- ⊙ *разлагающиеся при нагревании соли*  
 $((\text{NH})_4\text{S}, (\text{NH}_4)_2\text{CO}_3)$ .

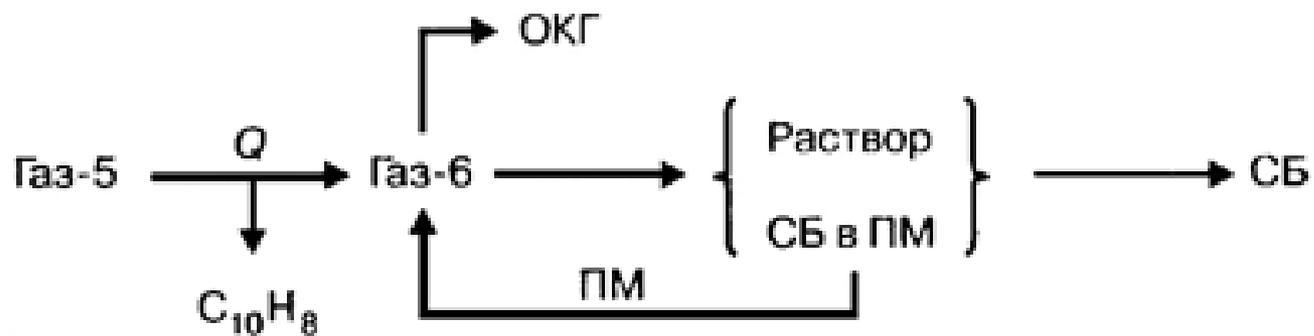
разлагают нагреванием острым паром:



- ⊙ Выделившийся свободный аммиак соединяется с содержащим аммиак газом-4 и поступает поглощается серной кислотой с образованием сульфата и бисульфата аммония:



# ВЫДЕЛЕНИЕ СЫРОГО БЕНЗОЛА



# КОНЕЧНЫЕ ПРОДУКТЫ СТАДИИ УЛАВЛИВАНИЯ

КУС

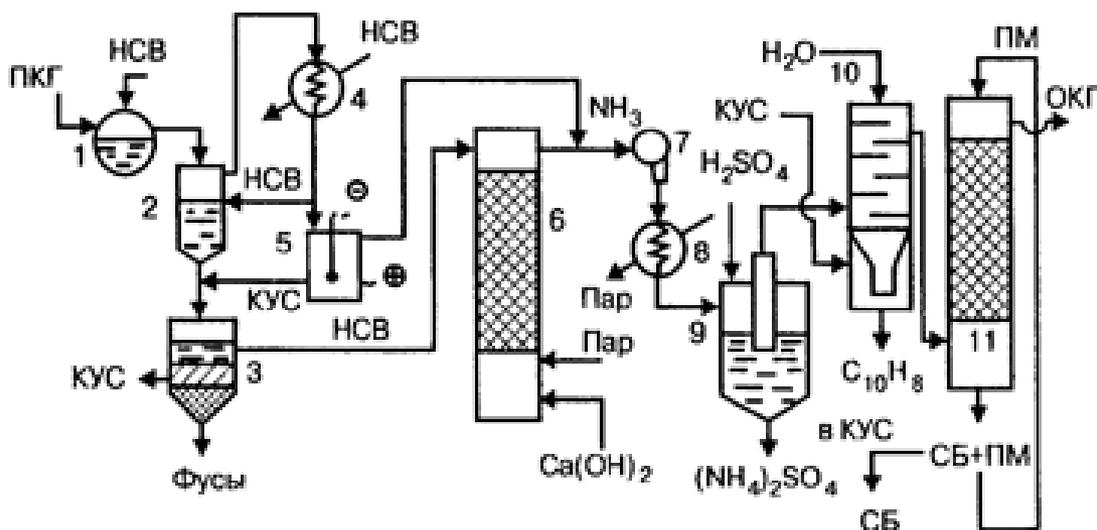
СБ, Сульфат  
аммония

ОКГ

# ВЫХОД ПРОДУКТОВ КОКСОВАНИЯ

Продукт	Выход, мас. долей
Кокс	0,77—0,73
Каменноугольная смола	0,03—0,04
Сырой бензол	0,01—0,012
Сульфат аммония	0,01—0,013
Обратный коксовый газ	0,15—0,18

# ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА УЛАВЛИВАНИЯ И РАЗДЕЛЕНИЯ ПКГ



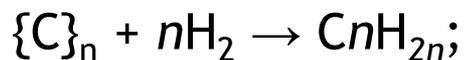
1 — газосборник; 2 — сепаратор; 3 — отстойник-осветлитель;  
4 — трубчатый холодильник; 5 — электрофильтр; 6 — аммиачная колонна; 7 — турбогазодувка; 8 — подогреватель газа; 9 — сатуратор;  
10 — водяной холодильник; 11 — абсорбер

# ГИДРИРОВАНИЕ ТВЕРДОГО ТОПЛИВА

- Гидрированием (гидрогенизацией) твердого топлива называется процесс превращения органической части топлива в жидкие продукты, обогащенные водородом и используемые как жидкое топливо.

- ⦿ Деструктивный каталитический процесс, протекающий при температуре 400–560°С под давлением водорода 20 - 70 МПа.

- ⊙ деструкция и деполимеризация высокомолекулярных структур угля



— гидрирования образовавшихся алкенов;

- ⊙ деструкции высших алканов с последующим гидрированием алкенов и образованием алканов меньшей молекулярной массы



-гидрирования конденсированных ароматических систем с последующим разрывом цикла и деалкилированием

раскрытия пятичленных циклов с образованием изоалканов