

КАТАЛИТИЧЕСКИЙ КРЕКИНГ

ПЛАН ЛЕКЦИИ

- 1 Теоретические сведения**
- 2 Основные факторы процесса**
- 3 Разновидности процесса каталитического крекинга**
- 4 Описание работы установки Г-43-102 каталитического крекинга вакуумного газойля**
- 5 Описание работы установки Г-43-107 каталитического крекинга вакуумного газойля**
- 6 MSCC**

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Процесс КК является одним из наиболее распространенных крупнотоннажных процессов углубленной переработки нефти.

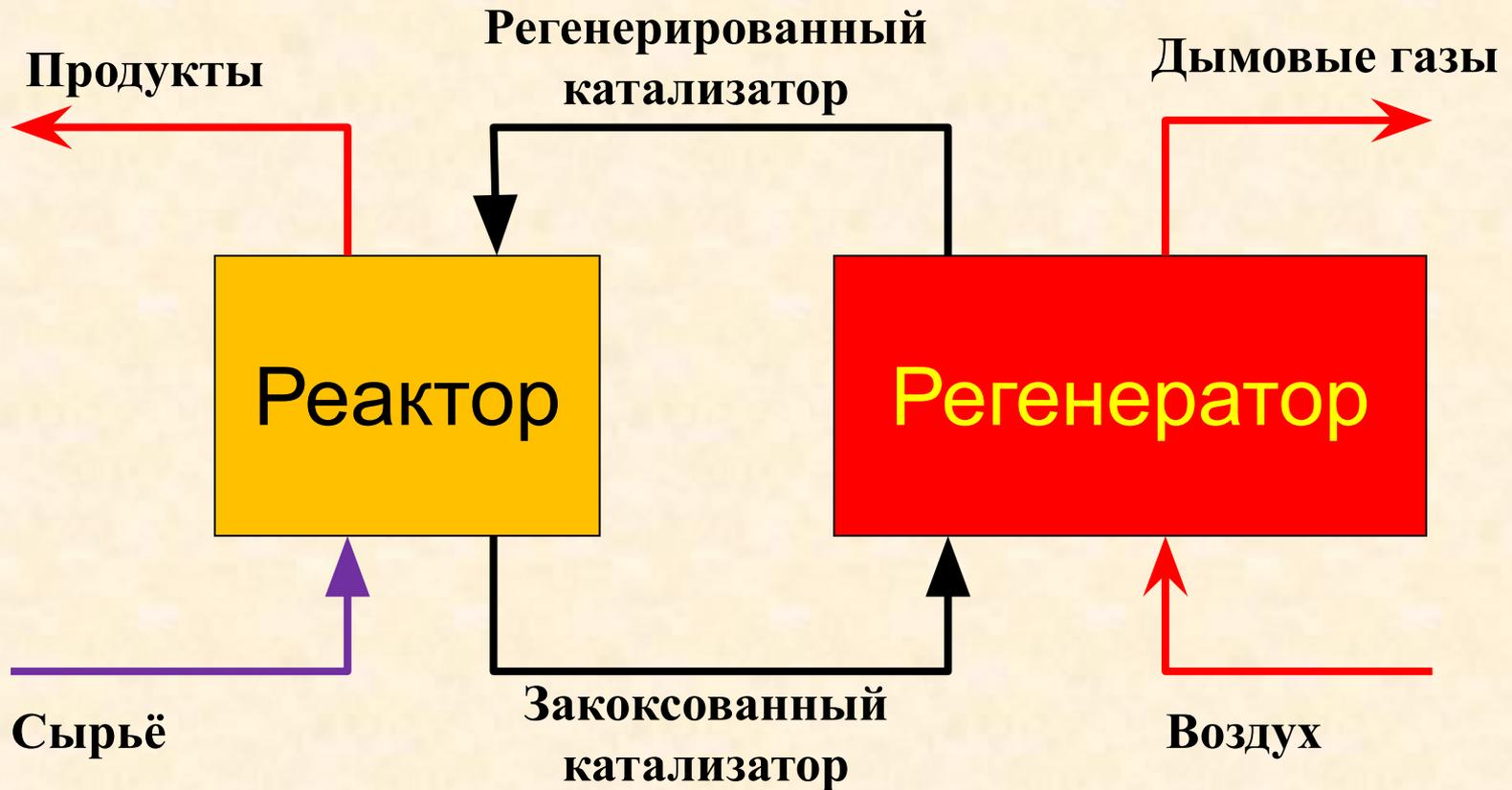
Основное назначение КК – производство с максимальным выходом высокооктанового бензина и ценных сжиженных газов – сырья для последующих производств высокооктановых компонентов бензинов изомерного строения: алкилаты, МТБЭ, а также сырья для нефтехимических производств.

**ДИНАМИКА ИЗМЕНЕНИЯ МОЩНОСТЕЙ
КАТАЛИТИЧЕСКОГО КРЕКИНГА
В ОСНОВНЫХ СТРАНАХ И РЕГИОНАХ МИРА,
МЛН. ТОНН В ГОД**

| Регион, страна | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | Доля к перв. перер. нефти, % |
|---------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---|
| Китай | 32,3 | 32,4 | 32,4 | 32,4 | 32,4 | 9,6 |
| Япония | 48,3 | 48,8 | 48,9 | 51,6 | 51,6 | 22,1 |
| США | 305,4 | 308,5 | 302,0 | 304,9 | 301,3 | 33,7 |
| Россия | 18,5 | 18,5 | 18,9 | 21,1 | 21,1 | 7,2 |
| ИТОГО В МИРЕ | 765,0 | 768,8 | 777,2 | 784,5 | 785,6 | 17,8 |

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Блок-схема процесса КК



ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Химизм процесса КК

Химические превращения углеводородов по карбоний-ионному цепному механизму можно представить в следующей последовательности:

1 Первичные мономолекулярные реакции крекинга и деалкилирования (распад по С-С связи) высокомолекулярных молекул исходного сырья с образованием низкомолекулярных углеводородов: ($n=m+p$)

а) крекинг парафинов с образованием низкомолекулярных парафинов и олефина;

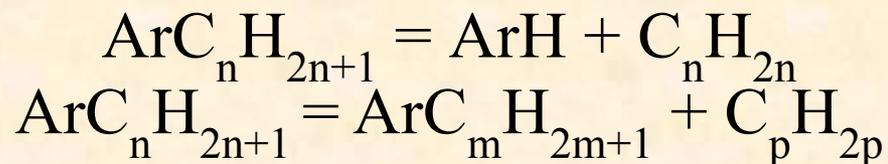


ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

б) крекинг олефинов с образованием низкомолекулярных олефинов;



в) деалкилирование алкилароматических углеводородов :



Наиболее вероятным является полный отрыв алкильной цепи.

г) крекинг нафтенов с образованием олефинов



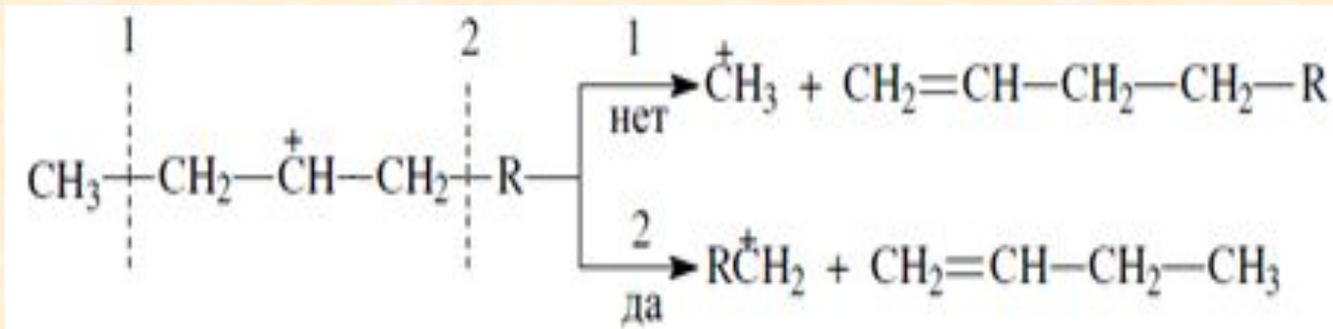
ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

2 Вторичные бимолекулярные реакции углеводородов на поверхности цеолита с участием карбоний ионов.



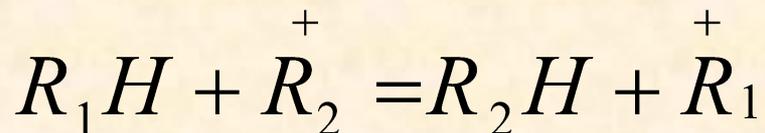
Реакции развития цепи включают следующие наиболее характерные реакции карбониевых ионов:

а) Распад С-С связи карбоний ионов - приводит к образованию низкокипящих топливных фракций и $C_3 - C_4$ газов



ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

б) Перенос гидрид-иона (H-перенос).



Обуславливает повышенные выходы топливных фракций и химическую стабильность бензинов КК.

Осуществляются следующие реакции КК:

Олефин + нафтен = Парафин + арен

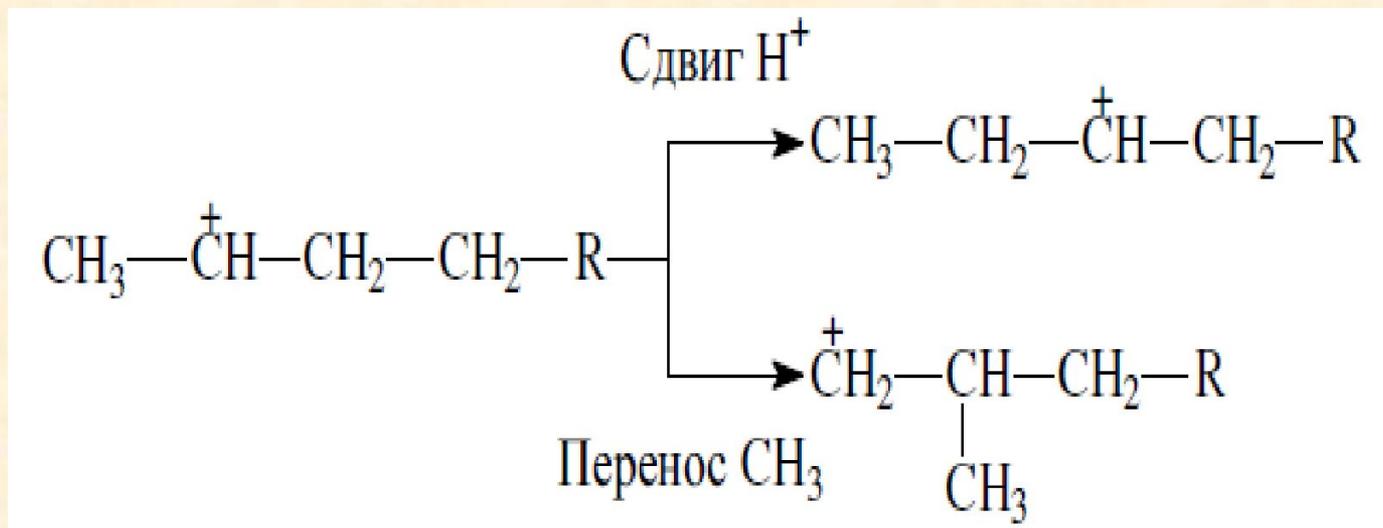
Олефин + олефин = Арен + парафин

Олефин + олефин = Арен + водород

Арен + арен = кокс + парафин + водород и т.д.

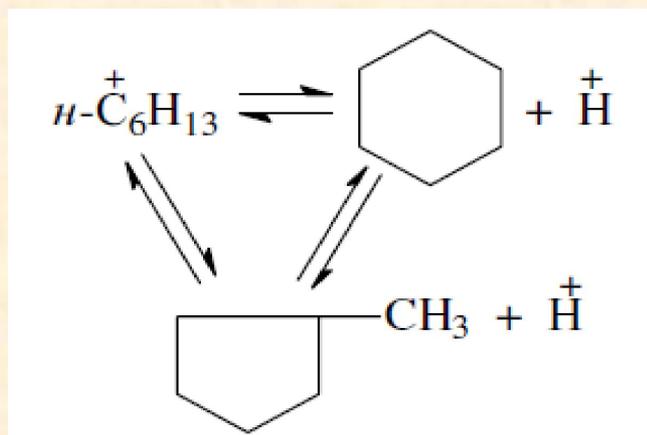
ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

в) **Изомеризация** карбониевых ионов - повышает товарные качества продуктов КК. Происходит либо путем передачи протона или метильной группы вдоль углеводородной цепи

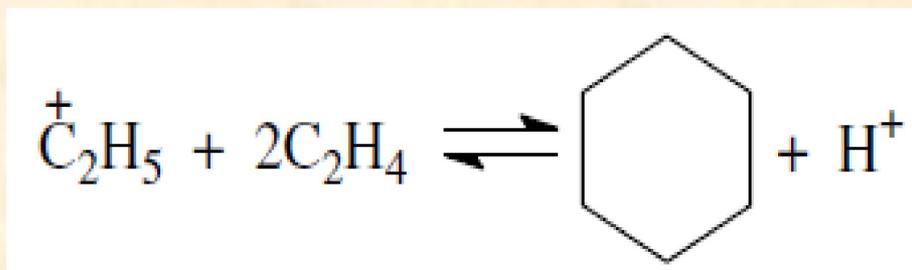


ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

г) Циклизация и дециклизация. Через мультиплетную хемосорбцию



или через диеновый синтез



ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Стабильность карбониевых ионов возрастает в ряду:
первичный < вторичный < третичный

Третичный карбониевый ион является самым стабильным. Именно этим обусловлен высокий выход изопарафиновых углеводородов, особенно изобутана, при каталитическом крекинге.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

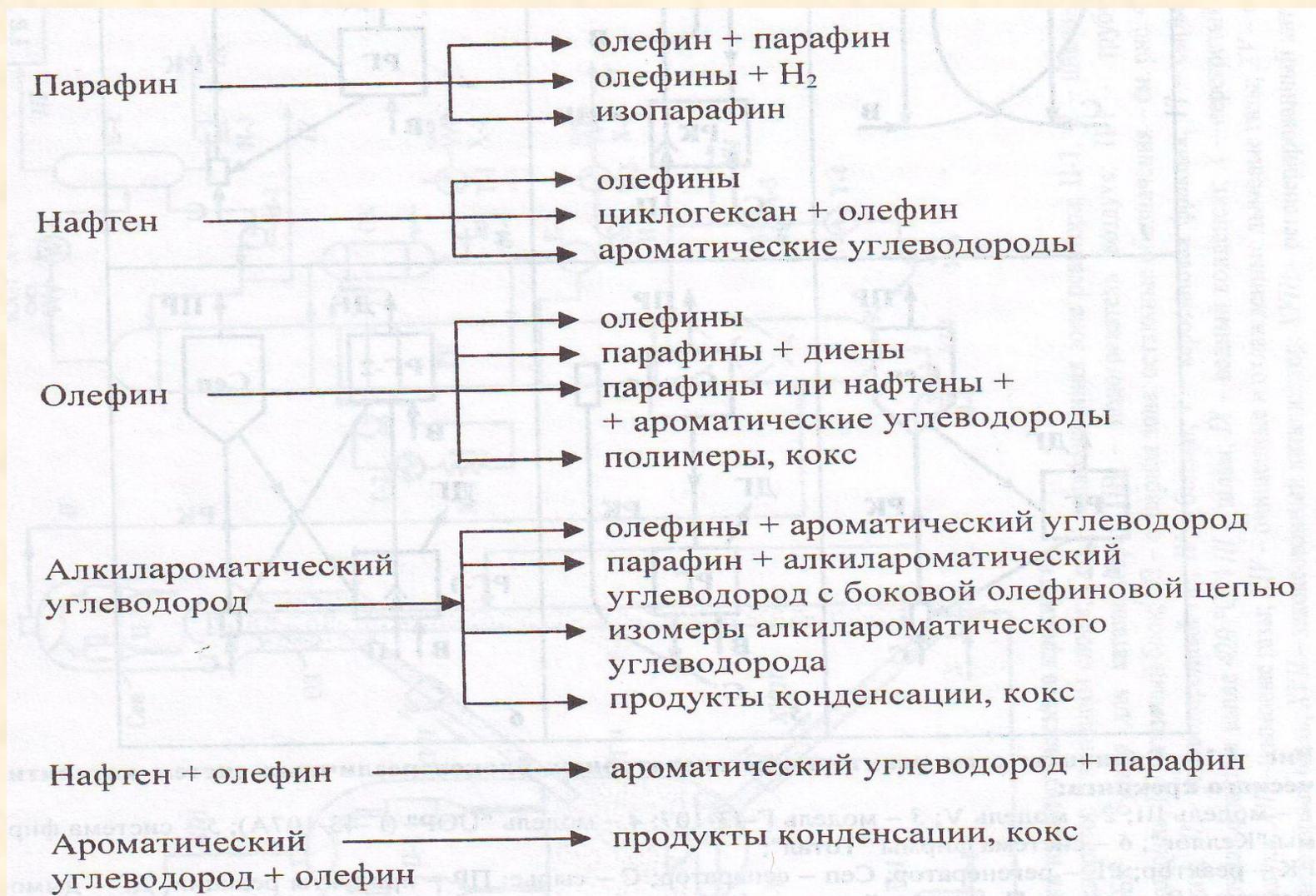
Побочные реакции:

1 Алкилирование и полимеризация - протекают по карбоний-ионному механизму. При температурах ниже 400 °С они доминируют над крекингом, а при высоких температурах равновесие смещается в сторону деалкилирования и деполимеризации.

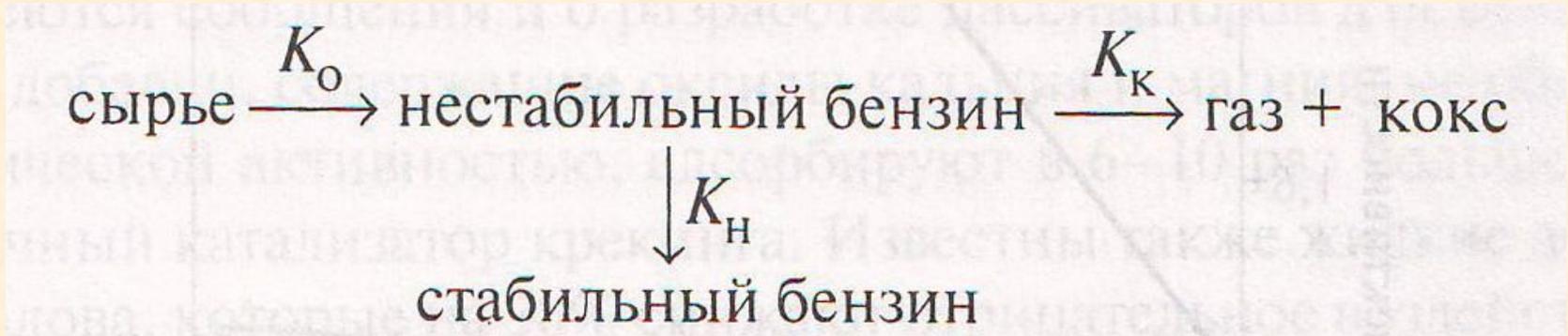
2 Конденсация ароматических углеводородов - дает соединения углерода с более высокой молекулярной массой, вплоть до кокса.

3 Коксообразование.

ХИМИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ ПРИ КК



МЕХАНИЗМ КРЕКИНГА



Цеолиты инициируют реакции перераспределения H₂ по схеме:



ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ ПРОЦЕССА

1 Качество сырья

1 В качестве сырья в процессе КК используется **ВГ широкого фракционного состава (350-500оС)**.

2 Иногда вовлекаются

- газойлевые фракции термодеструктивных процессов, ГК,

- деасфальтизаты процессов деасфальтизации мазутов и гудронов и др.

3 В последние годы с целью увеличения ресурсов сырья, повышают конец кипения сырья **до 550-620оС**.

ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ ПРОЦЕССА

1 Качество сырья

По фракционному составу к сырью предъявляют следующие *требования*:

- Практически полное отсутствие бензино-лигро-иновых фракций (претерпевают незначительные превращения и отрицательно влияют на ОЧ).

- Ограниченное содержание (до 10%) фракций, выкипающих до 350;

- Ограниченная температура конца кипения (500-620 °С) (концентрируются смолы и асфальтены, вызывающие закоксовывание катализатора, гетероатомные соединения и металлы – яды катализатора).

ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ ПРОЦЕССА

1 Качество сырья

В сырье содержатся: парафиновые 15-35 %, нафтеновые 20-40 % и ароматические 15-60 %.

Химический состав

| Выход продуктов, % об. | Сырье | | |
|-------------------------------|-----------|-----------|-------------|
| | П | Н | А |
| Сухой газ ($C_1-C_2 + H_2$) | 2,6 | 3,2 | 3,4 |
| Сжиженный газ C_3-C_4 | 34,5 | 27,5 | 24,3 |
| Бензин | 73 | 70 | 54,2 |
| ЛГ | 5 | 10 | 20 |
| ТГ | 2 | 5 | 10 |
| Кокс | 4,8 | 5,4 | 6,3 |

ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ ПРОЦЕССА

1 Качество сырья

Обратимая дезактивация катализатора

К компонентам, обратимо дезактивирующим катализаторы крекинга, относятся ПЦА, смолы, асфальтены и азотистые соединения. Об обратимой дезактивирующей способности сырья судят по коксуемости, определяемой по Конрадсону. Чем выше коксуемость сырья, тем больше выход кокса на катализаторе, (не более 0,3 - 0,5% масс).

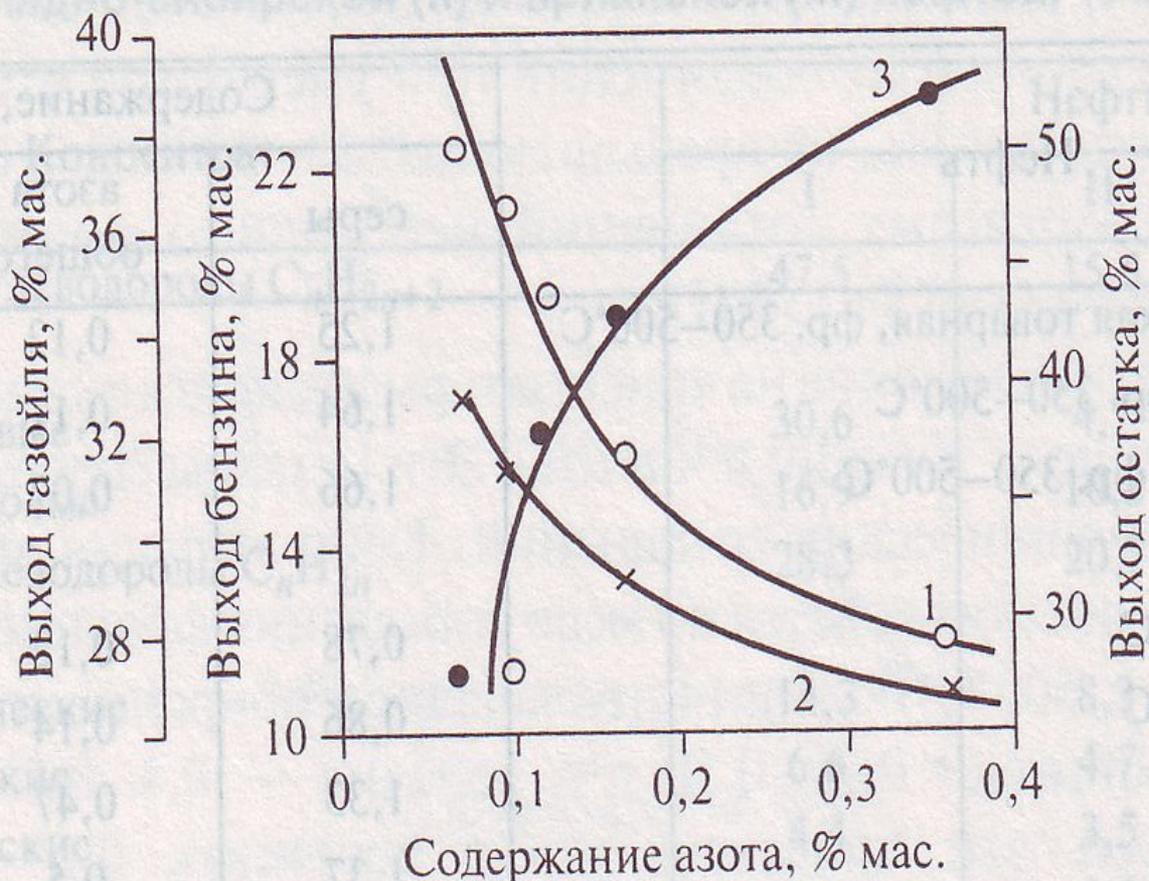
Необратимая дезактивация катализатора

Металлорганические соединения - блокируют активные центры катализатора. По мере увеличения содержания *никеля и ванадия* интенсивно возрастает выход водорода и сухих газов, а выход бензина снижается.

С целью снижения содержания металлов и коксогенных компонентов применяется каталитическая гидроочистка сырья.

ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ ПРОЦЕССА

1 Качество сырья



- 1 — бензин
- 2 — легкий газойль
- 3 — остаток

ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ ПРОЦЕССА

2 Катализаторы

- 1) Первый катализатор – природные глины. Недостатки - низкая механическая прочность и низкая селективность.
- 2) С 30-х годов – алюмосиликаты.
- 3) С 50-х годов – цеолитсодержащие. В катализаторе 15...20% масс. цеолита. Недостатки - малая механическая прочность, но высокая активность.

Промышленные катализаторы:

- **шариковые:** АШНЦ-3 (без РЗЭ), АШНЦ-6, Цеокар2, Цеокар-4 (с РЗЭ), Ц-100, Ц-600
- **микросферические:** КМЦР-2, МЦ-5, РСГ-6Ц (с РЗЭ), КМЦ-4 (с промотором дожига), катализаторы серии «Люкс»
- **зарубежные:** дюрабед, супер, экстра, СВZ, МZ, резидкет.

КАТАЛИЗАТОРЫ КК

| Шариковые катализаторы | Микросферические катализаторы |
|--|---|
| КАТАХИМ Салаватская катализаторная фабрика, Россия, Газпром | Албемарле (Акзо Нобель), Нидерланды |
| БАСФ (Энгельгардт) США | Омская катализаторная фабрика, Россия, Газпром нефть |
| | Грейс Дэвисон, США |
| | БАСФ (Энгельгардт,) США |

ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ ПРОЦЕССА

2 Катализаторы

| Групповой углеводородный состав, % мас. | Аморфный алюмосиликат | Цеолит |
|---|-----------------------|--------|
| Парафины | 13 | 23 |
| Олефины | 17 | 5 |
| Нафтены | 41 | 23 |
| Ароматические углеводороды | 29 | 49 |

При 500оС каталитическому крекингу подвергаются углеводороды быстрее, чем при термическом:

Парафины – в 6-60 раз

Нафтены – в 1000 раз

Олефины – более чем в 100-10000 раз

Ароматические углеводороды – более чем в 10000 раз

ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ ПРОЦЕССА

3 Температура

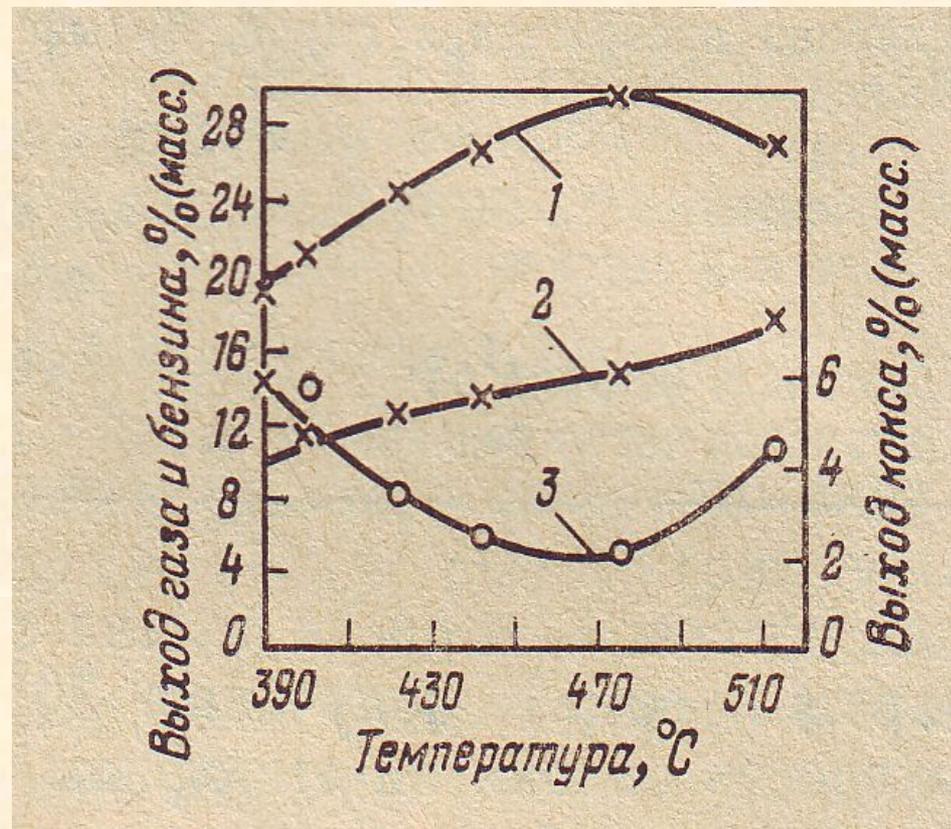
Составляет 450-510 °С

С увеличением температуры

- реакции разложения (газообразование)

- реакции коксообразования

Снижение температуры с увеличением времени контакта – реакции коксообразования

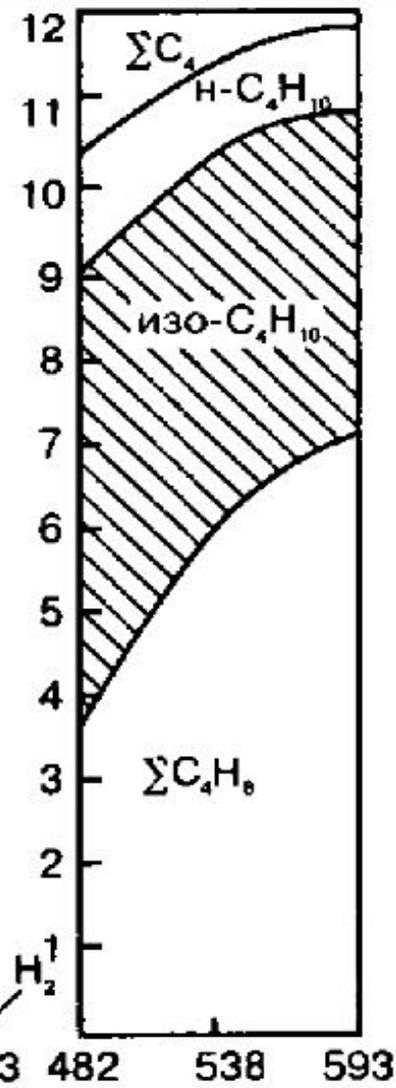
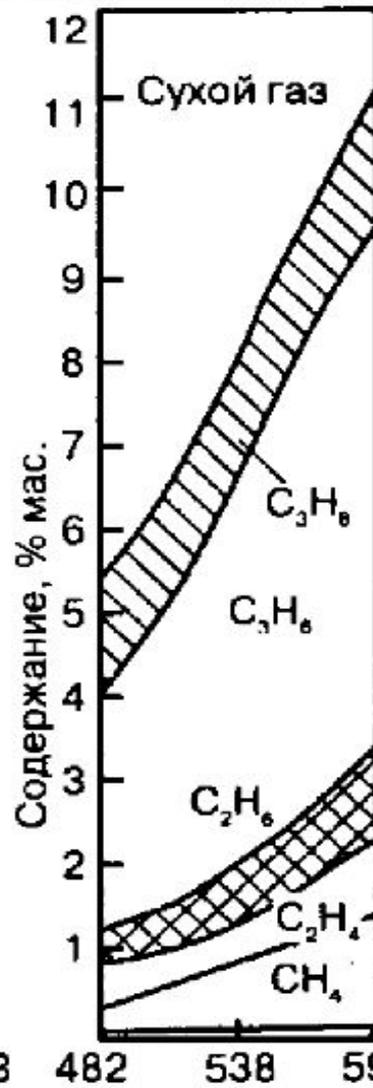


1 — бензин

2 — газ

3 — кокс

ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ ПРОЦЕССА



Температура, °C

ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ ПРОЦЕССА

4 Кратность циркуляции катализатора

1 Циркуляция осуществляется между реактором и регенератором.

2 Определяется как отношение количества катализатора к сырью, подаваемых в реактор в единицу времени.

3 Содержание кокса в закоксованном катализаторе 2-3 %.

4 Минимальное количество катализатора подбирается из теплового баланса.

4 На установках с крупногранулированным катализатором $K = 2-7$, с мелкодисперсным от 7-20.

ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ ПРОЦЕССА

4 Кратность циркуляции катализатора

С увеличением кратности

- сокращается продолжительность пребывания катализатора в зоне реакции,
- снижается содержание кокса
- возрастает средняя активность
- повышается выход бензина
- увеличивается выход целевых продуктов

Катализатор является также теплоносителем

ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ ПРОЦЕССА

4 Кратность циркуляции катализатора

| % масс. | Кратность циркуляции катализатора, кг/кг | | | |
|---------------------------------|--|--------------|--------------|--------------|
| | 1,25 | 2,5 | 5,0 | 10 |
| Газ | 11,93 | 14,45 | 17,45 | 19,58 |
| Бензин | 30,37 | 31,55 | 37,55 | 38,22 |
| Газойль | 55,2 | 50,5 | 39,4 | 34,9 |
| Кокс | 2,5 | 3,5 | 5,6 | 7,3 |
| Отложение кокса на катализаторе | 2,0 | 1,4 | 1,12 | 0,73 |

ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ ПРОЦЕССА

5 Давление

1 Основные реакции крекинга сопровождаются увеличением объёма, процесс протекает в паровой фазе. Оптимальное давление **0,125-0,15 МПа**.

2 Избыточное давление в реакторах необходимо, чтобы продукты реакции могли преодолеть сопротивление аппаратов на блоке фракционирования.

3 Повышение давление ухудшает селективность процесса и приводит к росту выхода газов и кокса.

ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ ПРОЦЕССА

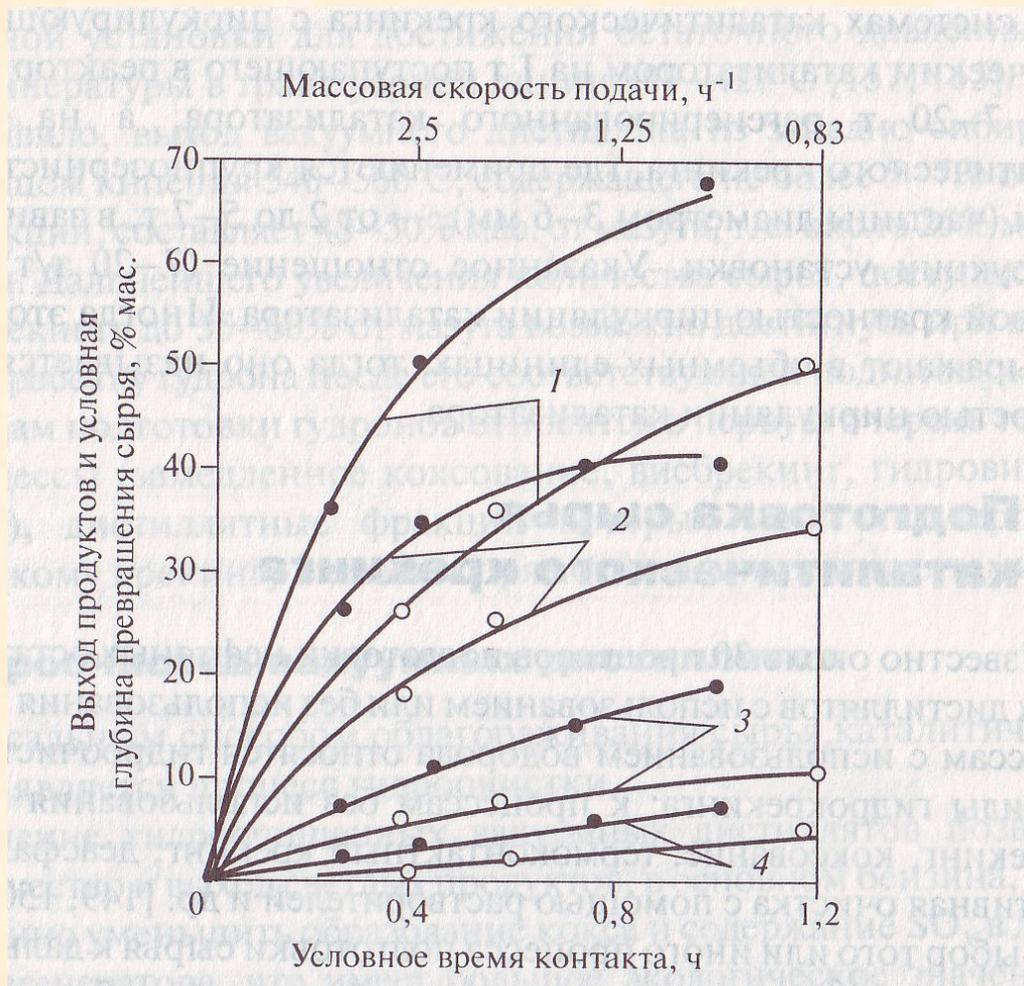
6 Время контакта сырья с катализатором



1- 475 °C, 2-500 °C, 3-575 °C

ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ ПРОЦЕССА

6 Время контакта сырья с катализатором



1 – глубина превращения

2 – выход бензина

3 – выход газа

4 – выход кокса

○ - аморфный катализатор

● - цеолитсодержащий катализатор

КАТАЛИТИЧЕСКИЙ КРЕКИНГ

Разновидности процесса

- Установки с крупногранулированным шариковым катализатором (Г-43-102).
- Установки с пылевидным (микросферическим) катализатором, работающих в режиме псевдоожижения.
- Установки с микросферическим катализатором, работающих в режиме транспорта катализатора (Г- 43-107).
- Установки крекинга типа MSCC (миллисекундный каталитический крекинг).

ВАРИАНТЫ СХЕМ РЕАКТОРНО-РЕГЕНЕРАТИВНЫХ БЛОКОВ КК

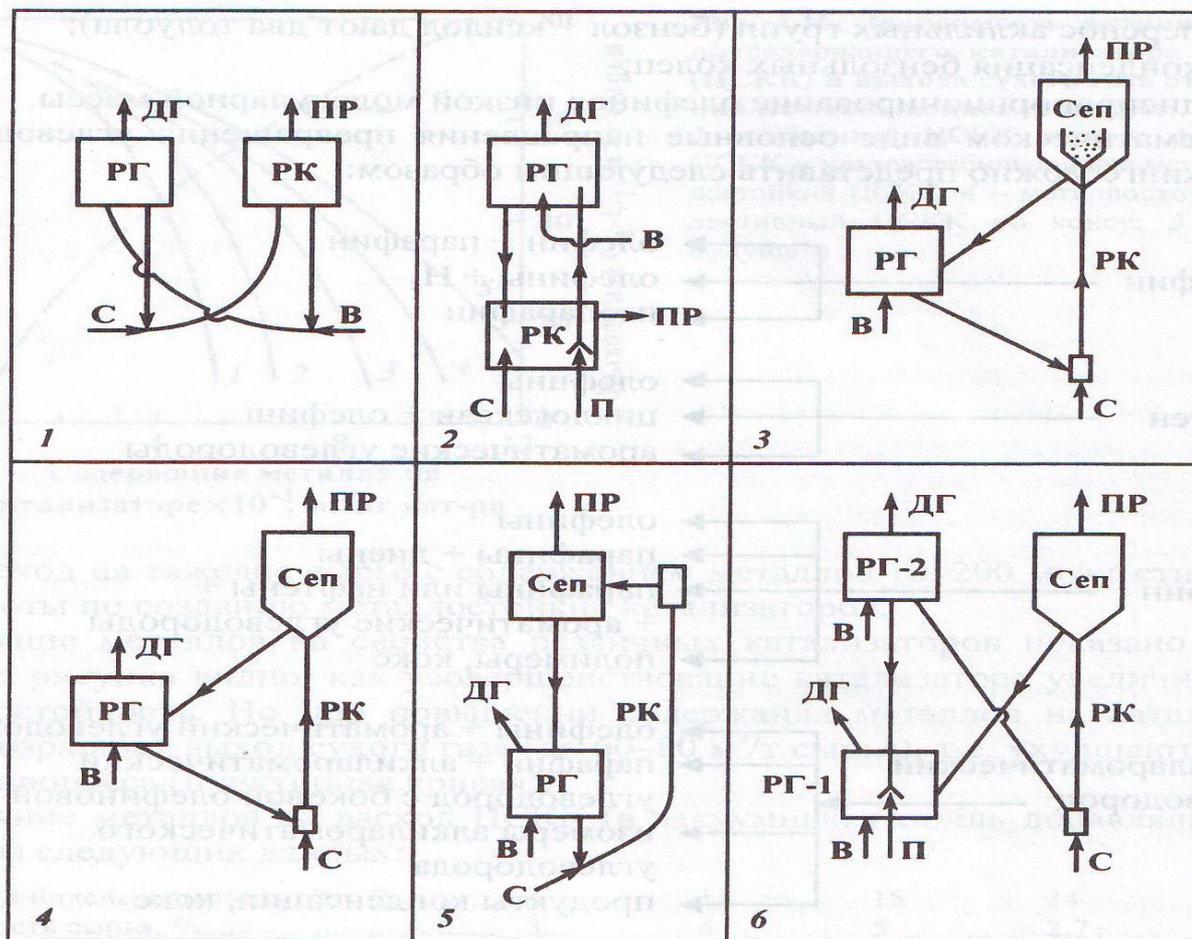


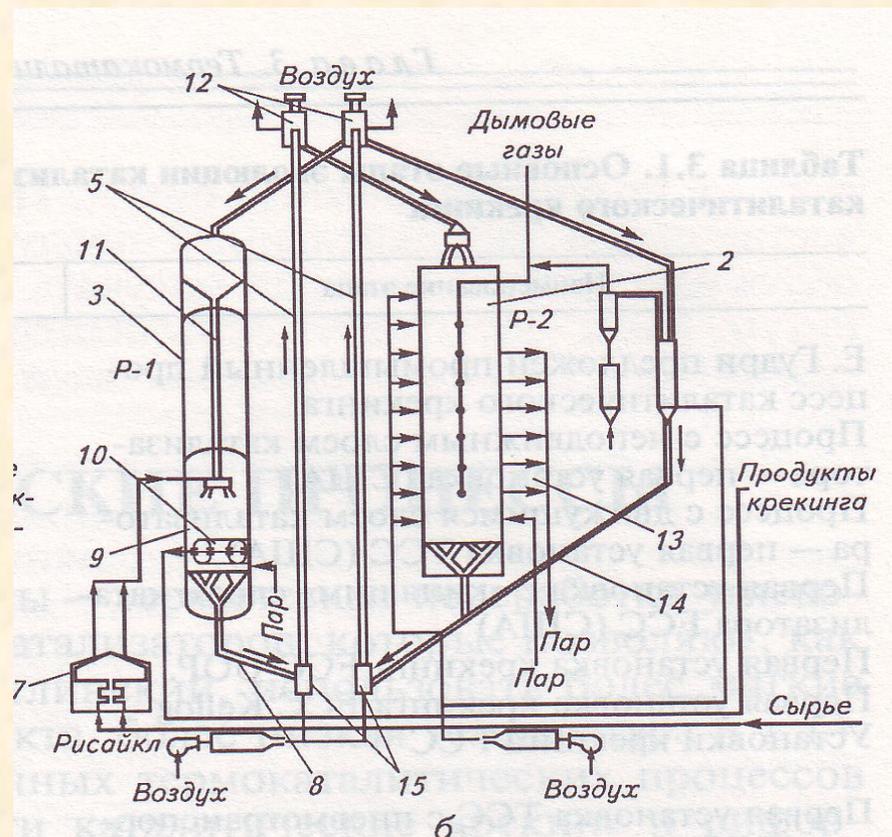
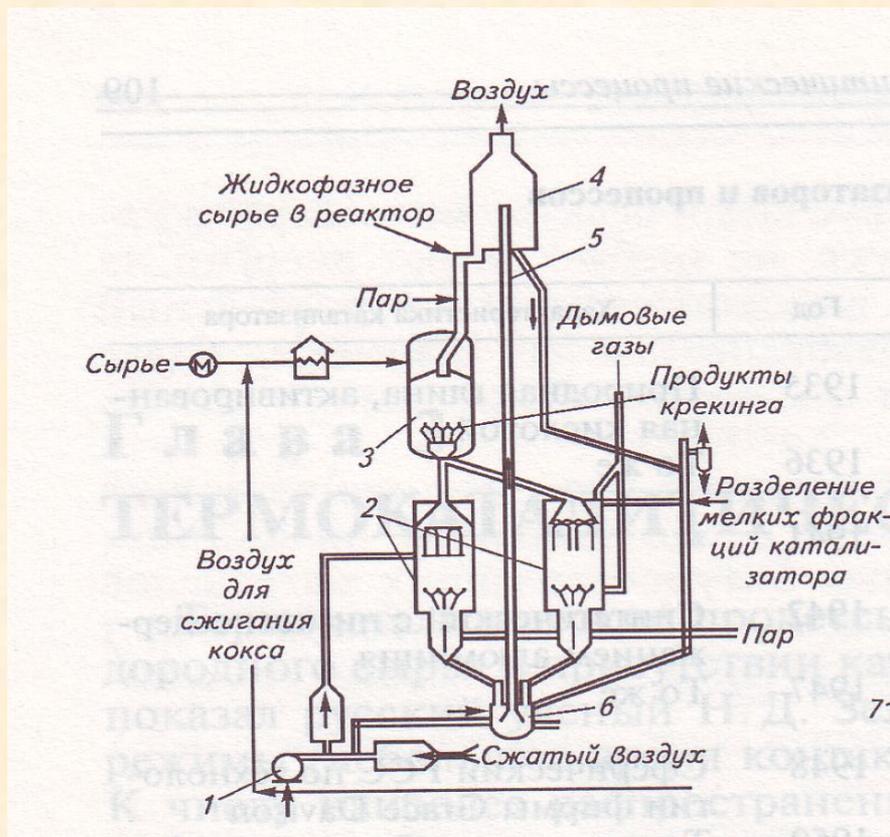
Рис. 4.16. Варианты схем реакторно-регенераторных блоков различных систем каталитического крекинга:

1 – модель III; 2 – модель V; 3 – модель Г-43-107; 4 – модель "UOP" (Г-43-107А); 5 – система фирмы "Келлог"; 6 – система фирмы "Тотал";

РК – реактор; РГ – регенератор; Сеп – сепаратор; С – сырье; ПР – продукты реакции; ДГ – дымовые газы; В – воздух; П – водяной пар;

Жирными линиями показано движение катализатора

КАТАЛИТИЧЕСКИЙ КРЕКИНГ



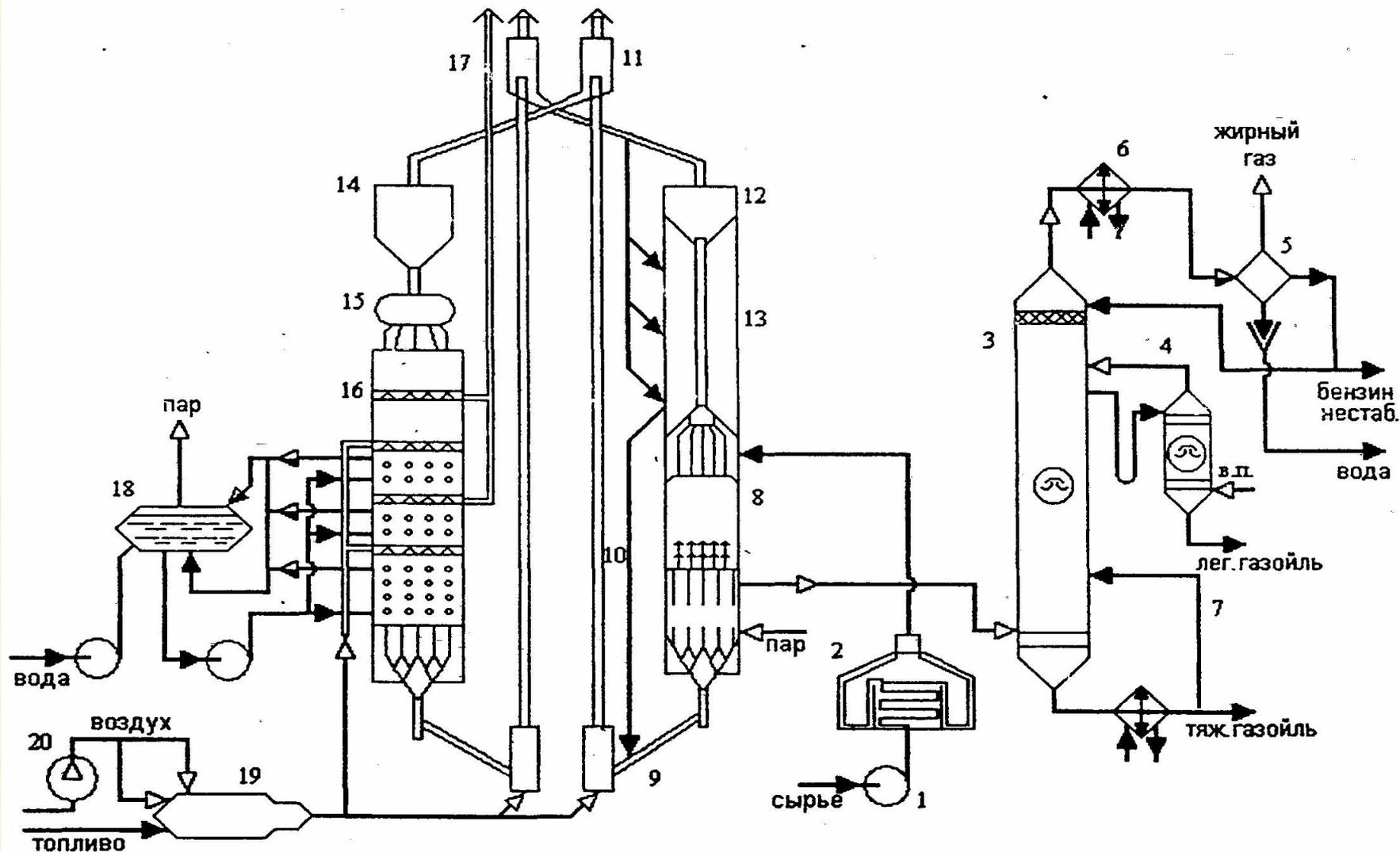
Реакторно-регенеративный блок КК с движущимся слоем шарикового катализатора

Установка ТСС (США)

Установка Г-43-102

2 – регенератор, 3 - реактор

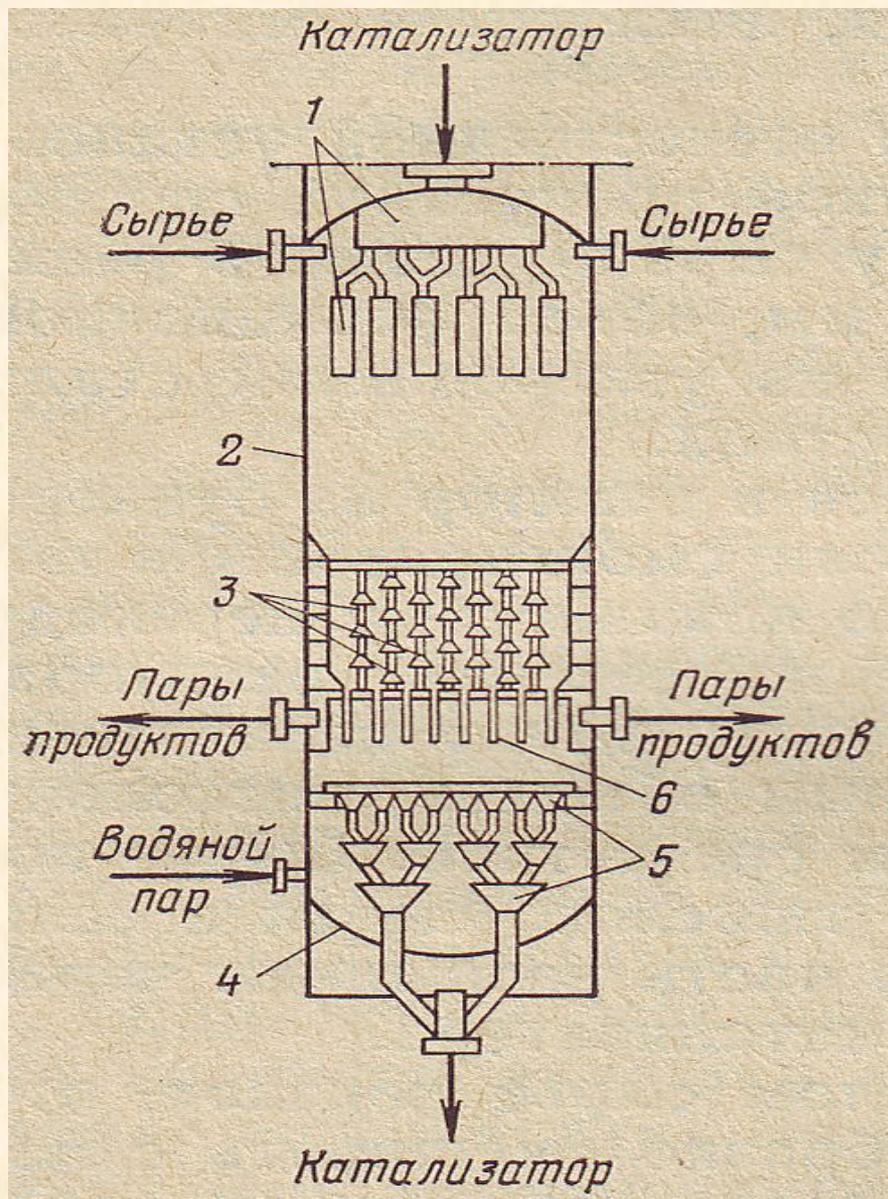
УСТАНОВКА Г-43-102 КАТАЛИТИЧЕСКОГО КРЕКИНГА ВАКУУМНОГО ГАЗОЙЛЯ



УСТАНОВКА Г-43-102 КАТАЛИТИЧЕСКОГО КРЕКИНГА ВАКУУМНОГО ГАЗОЙЛЯ

Реактор установки Г-43-102

- 1-верхний
распределитель
катализатора
- 2 – корпус
- 3 – патрубки для отвода
паров (гирлянды)
- 4 – днище
- 5 – нижний
распределитель
катализатора
- 6 – переточные трубы



УСТАНОВКА Г-43-102 КАТАЛИТИЧЕСКОГО КРЕКИНГА ВАКУУМНОГО ГАЗОЙЛЯ

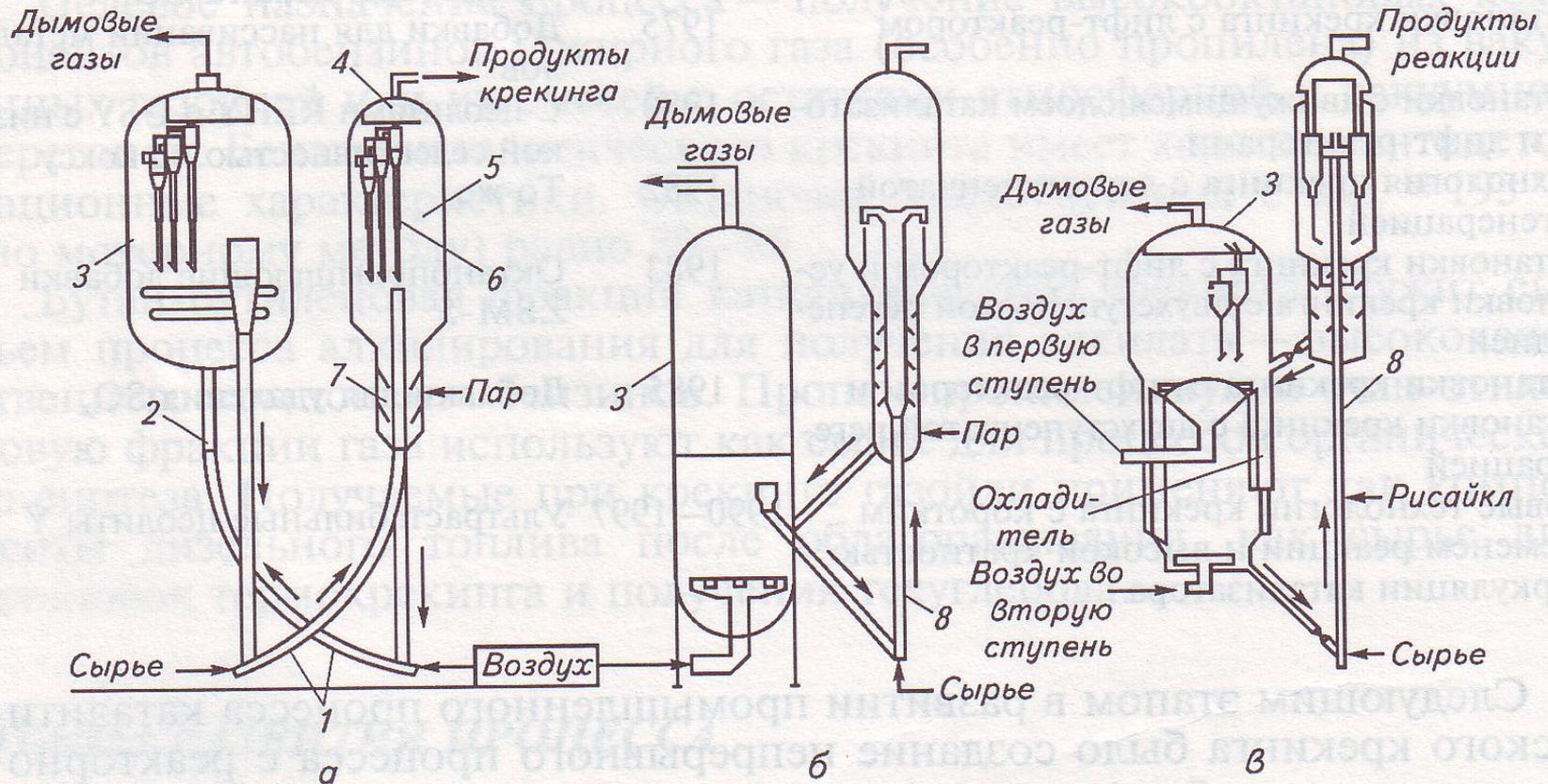
| | |
|---|----------------|
| Температура, оС | |
| Сырья | 350-420 |
| В реакторе | 450-490 |
| В регенераторе | 590-650 |
| Давление, МПа | |
| В реакторе | 0,07 |
| В регенераторе | 0,02 |
| Кратность циркуляции катализатора, т/т сырья | 1,8-2,5 |
| Время контакта катализатора с сырьем, с | 1200 |

ПРИМЕРНЫЙ МАТЕРИАЛЬНЫЙ БАЛАНС ПРОЦЕССА КК 43-102

Продукты, % масс.

| | |
|-----------------------------|--------------|
| Газ..... | 12-16 |
| Бензин..... | 25-30 |
| Легкий газойль | 40-45 |
| Тяжелый газойль..... | 20-25 |
| Кокс..... | 3-5 |

КАТАЛИТИЧЕСКИЙ КРЕКИНГ

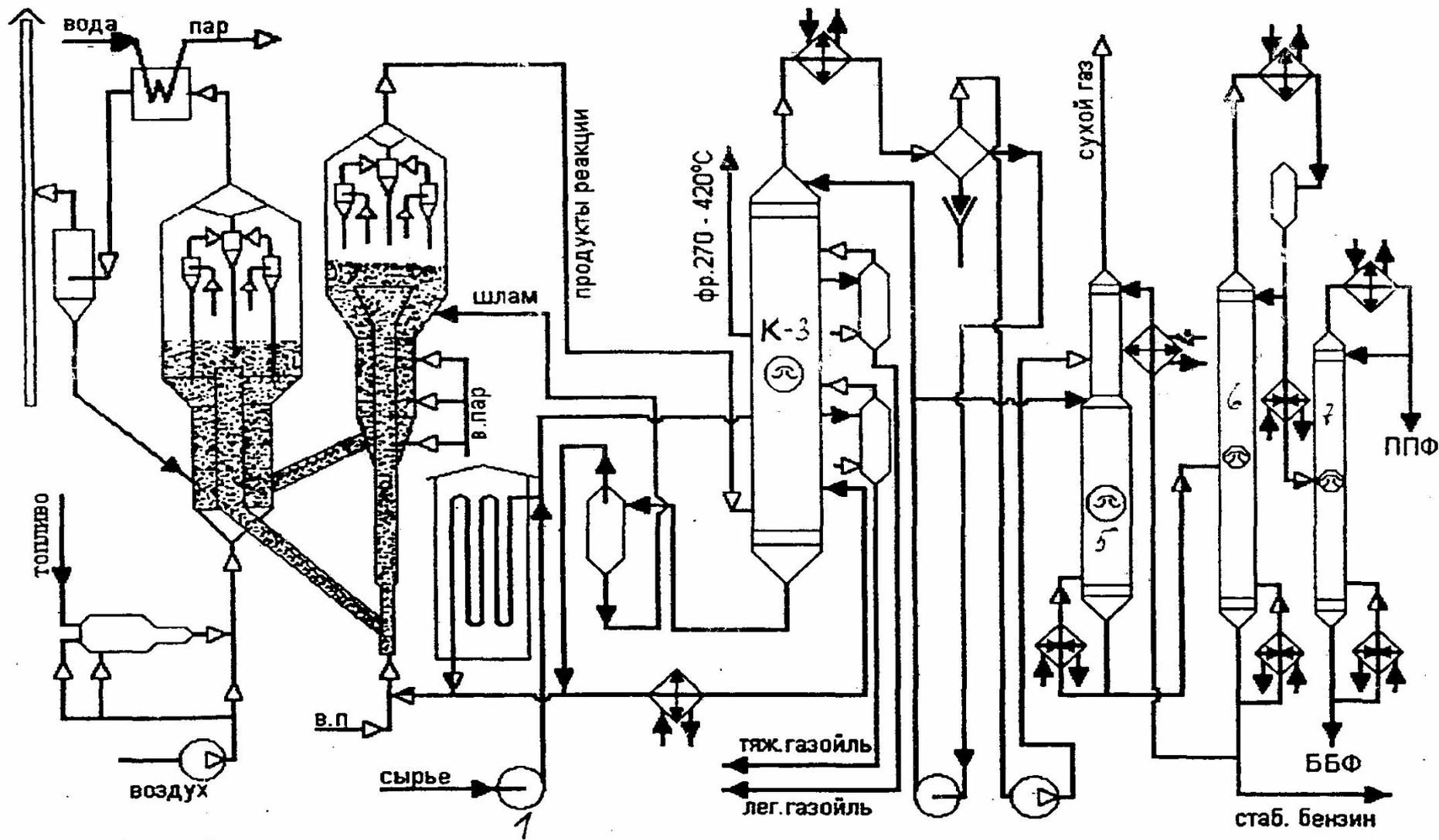


А) с кипящим (псевдооживленным) слоем катализатора

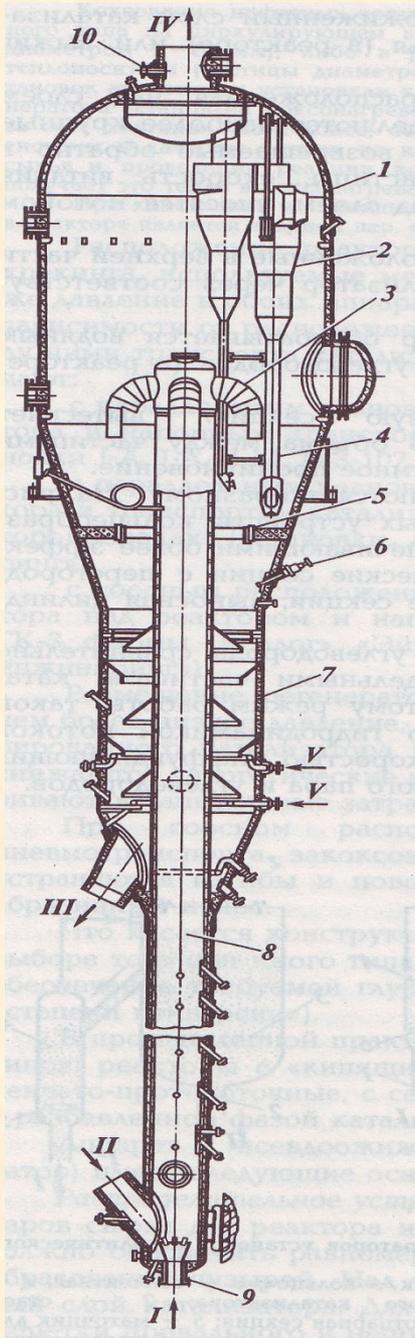
Б) с лифт-реактором

В) с лифт-реактором и двухступенчатым регенератором

УСТАНОВКА Г-43-107 КАТАЛИТИЧЕСКОГО КРЕКИНГА ВАКУУМНОГО ГАЗОЙЛЯ



РЕАКТОР УСТАНОВКИ Г-43-107



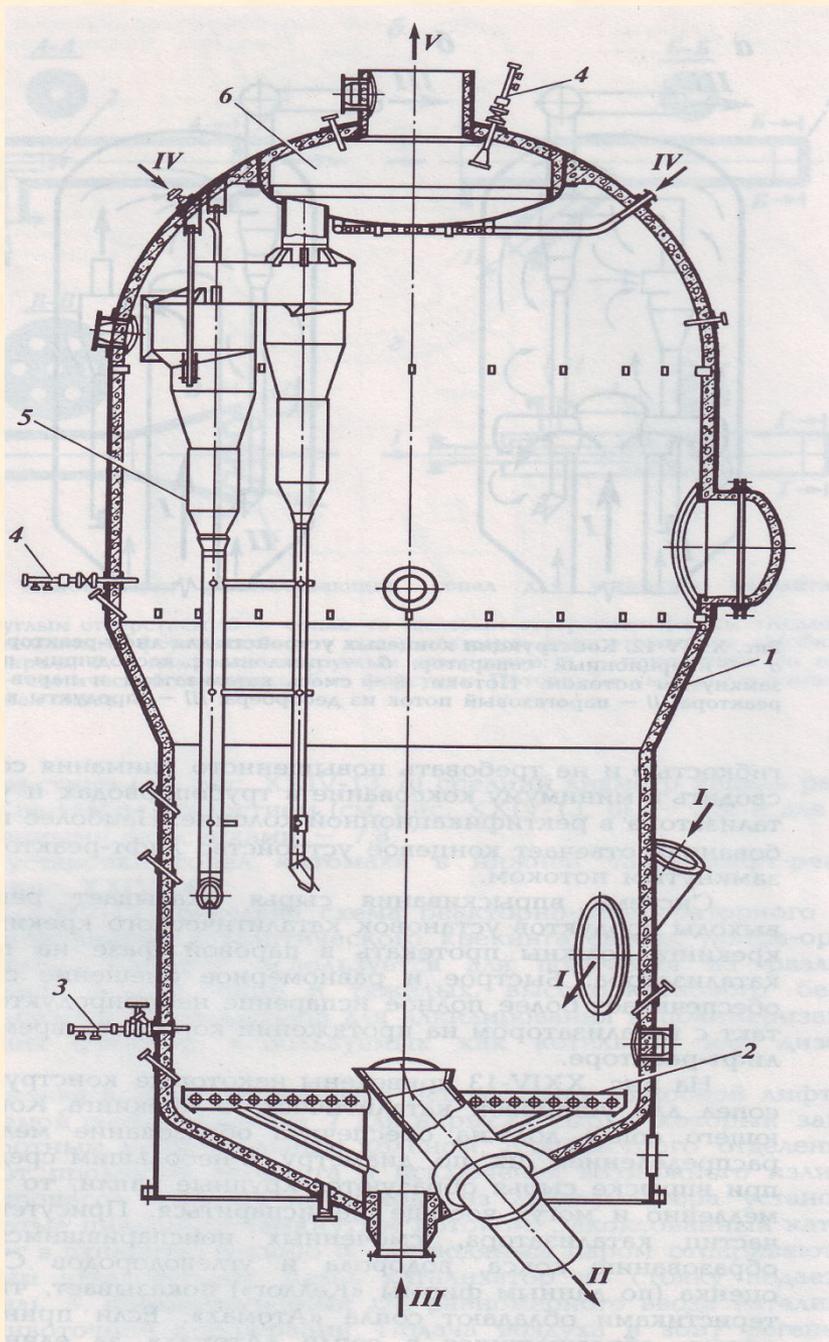
I – СЫРЬЕ
II – РЕГЕНЕРИРОВАННЫЙ КАТАЛИЗАТОР
III – ЗАКОКСОВАННЫЙ КАТАЛИЗАТОР
IV – ПРОДУКТЫ КРЕКИНГА
V – ВОДЯНОЙ ПАР

1- корпус
2 – двухступенчатый циклон
3 – баллистический циклон
4 – стояки циклона
5 – подвижная опора
6 – форсунки для шлама
7 – десорбер
8 – лифт-реактор
9 – сопло
10 – штуцер предохранительного клапана

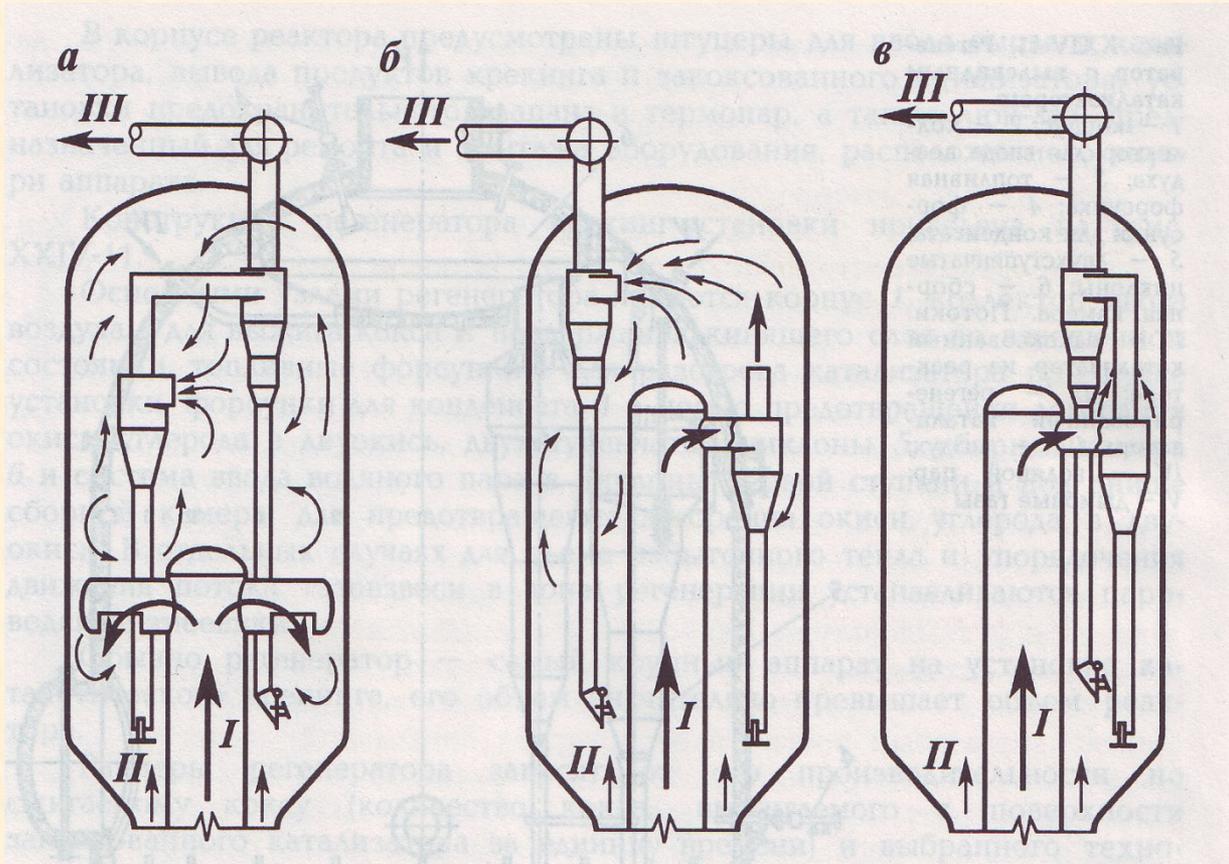
РЕГЕНЕРАТОР УСТАНОВКИ Г-43-107

I – закоксованный катализатор
II – регенерированный катализатор
III – воздух
IV – водяной пар
V – дымовые газы

1 – корпус
2 – коллектор для ввода воздуха
3 – топливная форсунка
4 – форсунки для конденсата
5 – двухступенчатый циклон
6 – сборная камера



УСТАНОВКА Г-43-107 КАТАЛИТИЧЕСКОГО КРЕКИНГА ВАКУУМНОГО ГАЗОЙЛЯ



I – смесь катализатора и паров нефтепродуктов из лифт-реактора
II – парогазовый поток из десорбера
III – продукты крекинга

Конструкции концевых устройств лифт-реактора

- А) инерционный сепаратор, Б) циклоны с восходящим потоком,
В) циклоны с замкнутым потоком

УСТАНОВКА Г-43-107 КАТАЛИТИЧЕСКОГО КРЕКИНГА ВАКУУМНОГО ГАЗОЙЛЯ

| | |
|---|------------------|
| Температура крекинга, оС | 515-520 |
| Массовая скорость подачи сырья, ч-1 | 80-100 |
| Кратность циркуляции | 5,5-6,0 |
| Давление в реакторе, МПа | 0,15 |
| Температура в регенераторе, оС | 650-670 |
| Давление в регенераторе, МПа | 0,15 |
| Содержание остаточного кокса на катализаторе, % масс. | Менее 0,1 |

ПРИМЕРНЫЙ МАТЕРИАЛЬНЫЙ БАЛАНС ПРОЦЕССА 43-107

Продукты, % масс.

| | |
|--------------------|-------|
| Газ..... | 1,5-3 |
| ППФ..... | 5-7 |
| ББФ | 8-10 |
| C_5 -195 °C..... | 40-45 |
| 195-350 °C..... | 27-30 |
| >350 °C..... | 7-9 |
| Кокс+потери..... | 3-4 |

MSCC

В 1991 г. фирма Барко (США) предложила технологию нового процесса каталитического крекинга с ультракоротким временем контакта – MSCC (ККМС).

Ключевые особенности процесса:

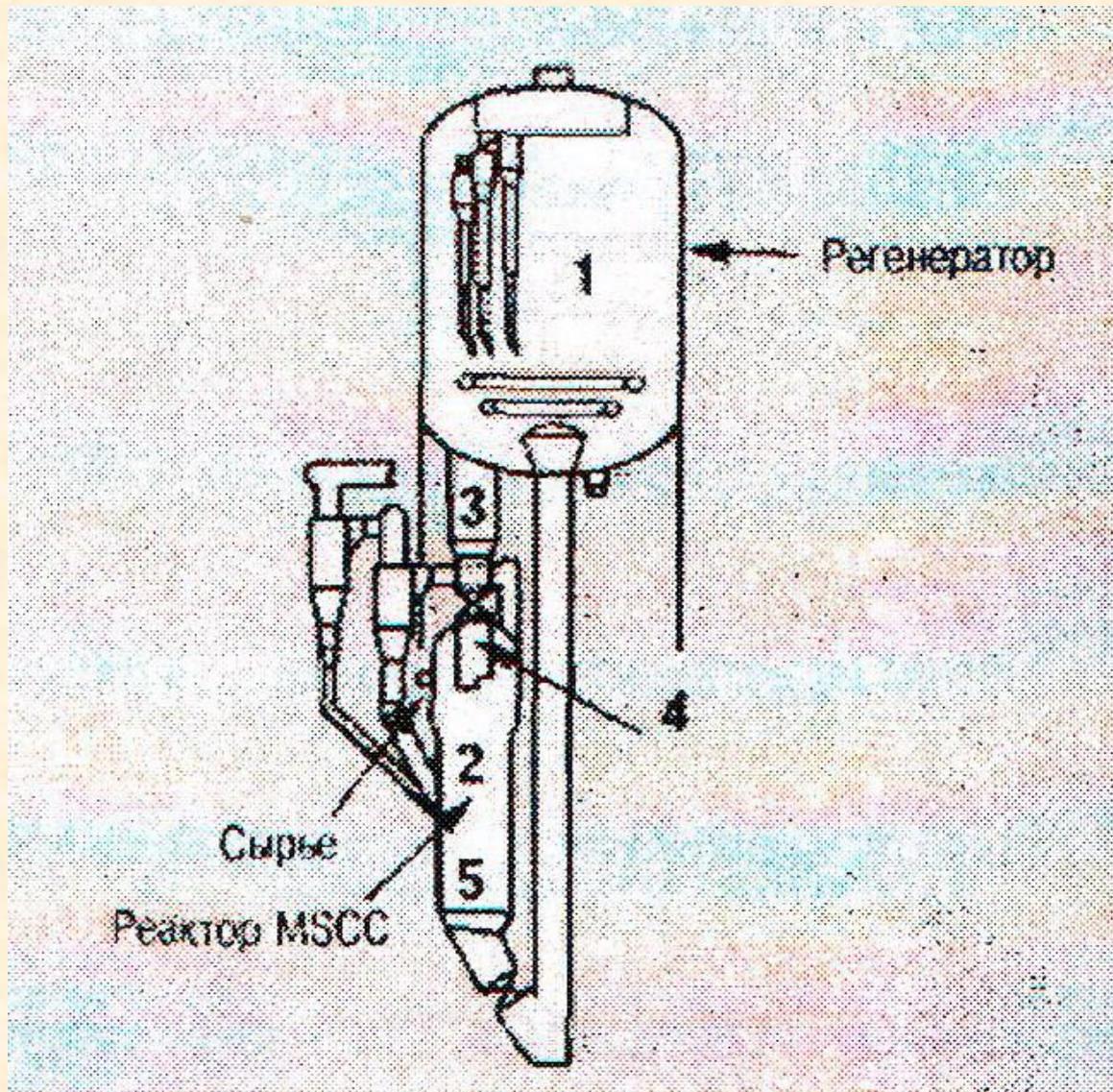
- уникальная система распределения сырья и контакта сырья с катализатором;
- зона реакции с ультракоротким временем контакта (до 0,1 с);
- горячая отпарка отработанного катализатора;
- небольшой реактор с холодной стенкой и одноступенчатыми внешними циклонами;
- отсутствие лифт-реактора.

MSCC

Обеспечивает

- Значительное повышение выхода целевых продуктов
- Улучшение качества продуктов
- Повышение надежности и снижение эксплуатационных и капитальных затрат

MSCC



MSCC

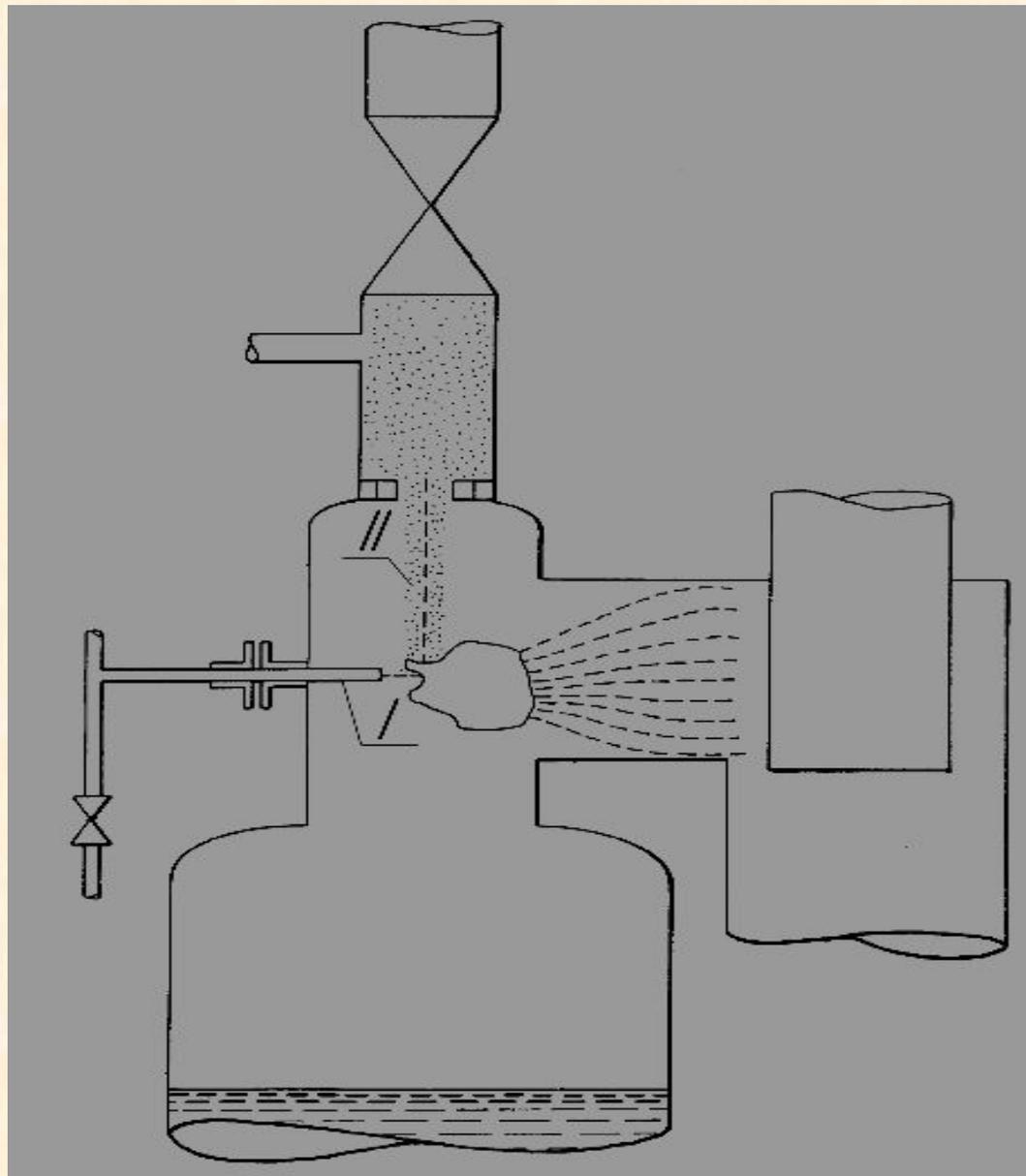


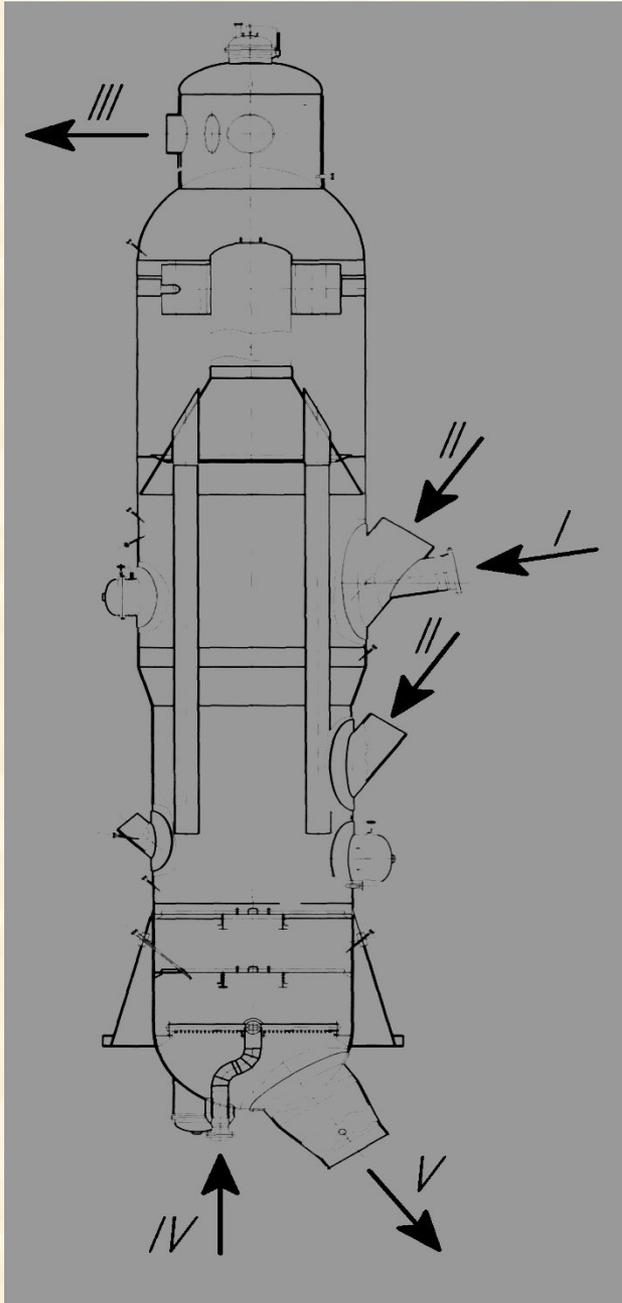
Схема контакта
сырья с ниспадающим
катализатором

I – ввод сырья;

II – “завеса” контакта

MSCC

Реактор MSCC



I – ввод сырья;

II – ввод катализатора;

III – вывод продуктов крекинга;

IV – ввод ВП на отпарку;

V – вывод катализатора из реактора

MSCC

Преимущества малого времени контакта

- 1 Снижение температуры в регенераторе
- 2 Повышение кратности циркуляции катализатора
- 3 Увеличение выходов продуктов
- 4 Меньшая необходимость в охлаждении катализатора
- 5 Большая эффективность при переработке остаточного сырья
- 6 Снижение выхода сухого газа
- 7 Повышение выхода бензина
- 8 Повышение ОЧИ бензина
- 9 Уменьшение реакций дегидрирования

ПРИМЕРНЫЙ МАТЕРИАЛЬНЫЙ БАЛАНС ПРОЦЕССА MSCC

Продукты, % масс.

| | |
|-----------------------------|--------------|
| Сухой газ..... | 2,73 |
| ППФ..... | 6,47 |
| ББФ | 10,86 |
| Бензин..... | 52,86 |
| ЛГ..... | 12,4 |
| Кубовый остаток..... | 9,31 |
| Кокс+потери..... | 5,45 |

ПРОДУКТЫ КАТАЛИТИЧЕСКОГО КРЕКИНГА

| | ККФ | МСКК |
|------------------------------------|-------------|-------------|
| Плотность сырья, кг/м ³ | 916 | 913 |
| Коксуемость сырья, % | 1,2 | 1,2 |
| Выход продуктов, % (об.) | | |
| С1-С2 | 7,4 | 3,6 |
| С3-С4 | 21,5 | 20,4 |
| Бензин (нк-221оС) | 50,4 | 57,0 |
| Легкий газойль (2210260оС) | 21,5 | 20,6 |
| Тяжелый газойль (более 360оС) | 9,1 | 9,0 |
| Кокс, % масс. | 5,8 | 5,5 |

МАТЕРИАЛЬНЫЙ БАЛАНС РЕТРО FCC И ТРАДИЦИОННОГО ККФ

| Продукт | Традиционный процесс ККФ | Процесс PetroFCC |
|--|--------------------------|------------------|
| H ₂ S, H ₂ , C ₁ и C ₂ | 2,0 | 3,0 |
| Этилен | 1,0 | 6,0 |
| Пропан | 1,8 | 2,0 |
| Пропилен | 4,7 | 22,0 |
| Бутаны | 4,5 | 5,0 |
| Бутилены | 6,5 | 14,0 |
| Нафта | 53,5 | 28,0 |
| Дистиллят | 14,0 | 9,5 |
| Котельное топливо | 7,0 | 5,0 |
| Кокс | 5,0 | 5,5 |

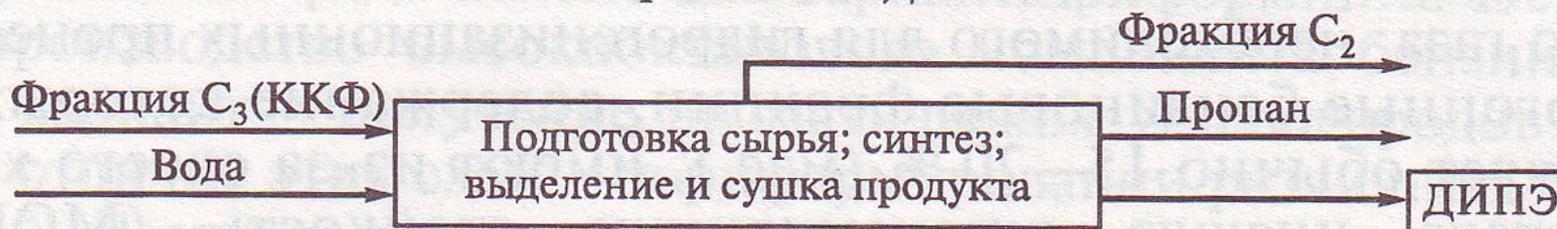
ПРОДУКТЫ КАТАЛИТИЧЕСКОГО КРЕКИНГА

Газообразные продукты

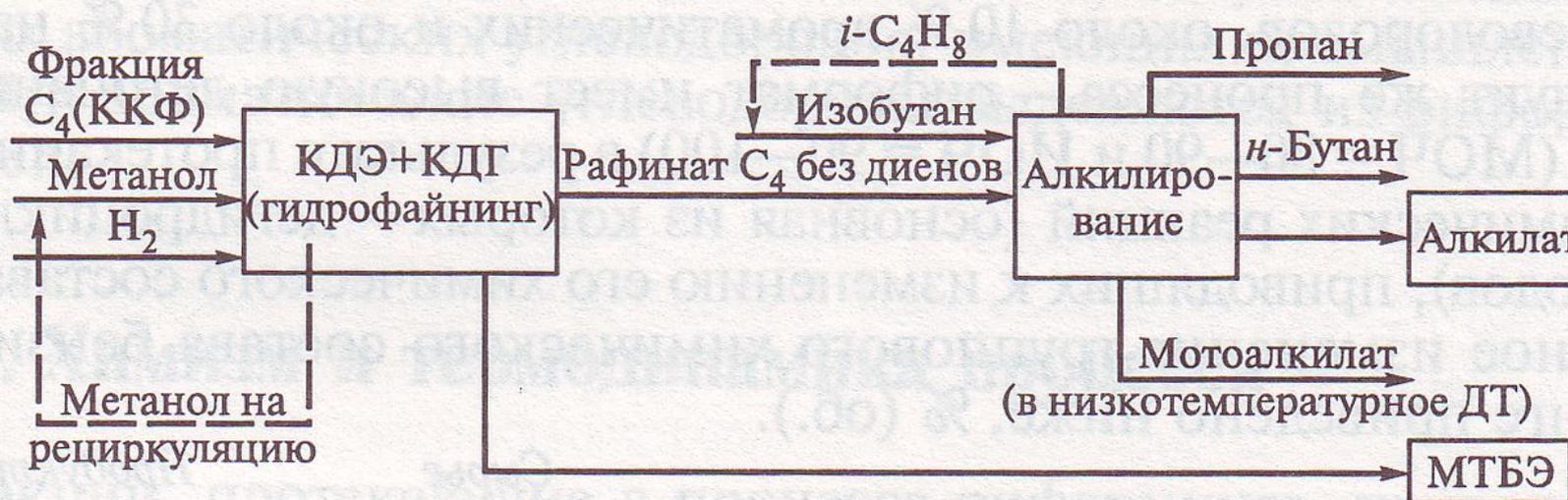
| | |
|------------|------|
| Водород | 0,1 |
| Метан | 3,4 |
| Этилен | 4,5 |
| Этан | 2,8 |
| Пропилен | 23,8 |
| Пропан | 10,7 |
| Н-бутилен | 15,9 |
| Н-бутан | 5,8 |
| Изобутан | 25,2 |
| Изобутилен | 7,8 |
| Итого | 100 |

ПРОДУКТЫ КАТАЛИТИЧЕСКОГО КРЕКИНГА

I. Производство ДИПЭ



II. Производство МТБЭ и алкилата



ПРОДУКТЫ КАТАЛИТИЧЕСКОГО КРЕКИНГА

Бензин КК – содержит

Непредельных – до 35%

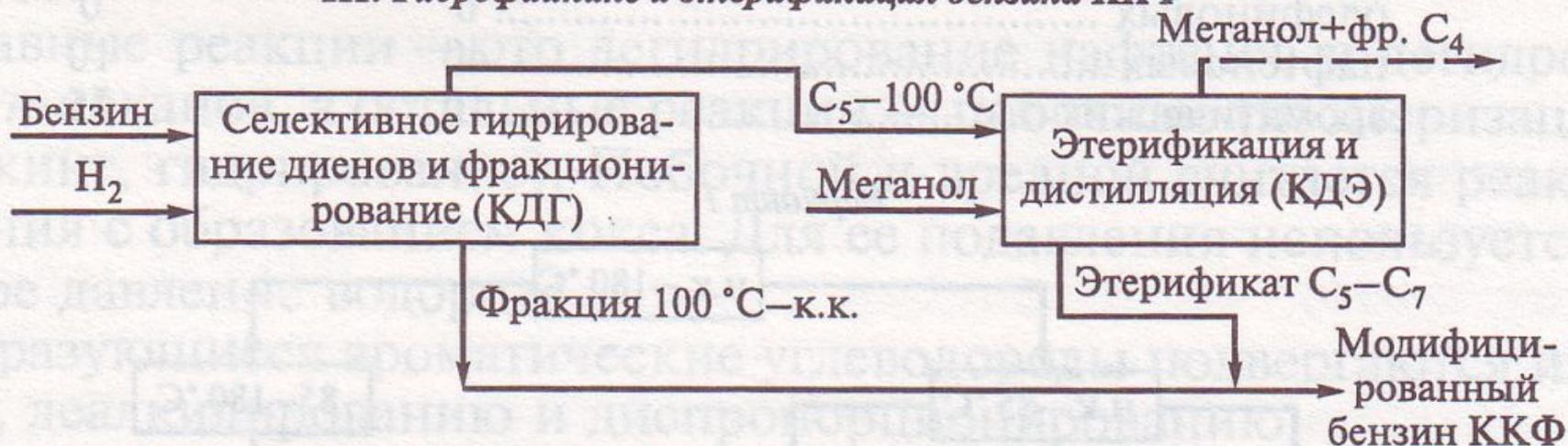
Ароматических – до 25%

Октановое число – 89-94 (ОЧИ) или 80-95 (ОЧМ)

Содержит сернистые соединения

Для облагораживания применяют дополнительные технологии

III. Гидрофайнинг и этерификация бензина ККФ



ПРОДУКТЫ КАТАЛИТИЧЕСКОГО КРЕКИНГА

Легкий газойль КК –
богат ароматическими
углеводородами
Компонент ДТ после ГО
Без ГО – как печное или
котельное топливо

Тяжелый газойль КК –
богат ароматическими
углеводородами
Сырье – техуглерода,
УЗК, электродного кокса

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ КАТАЛИТИЧЕСКОГО КРЕКИНГА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ РОССИИ

- **КК на мазуте – нет**
- **МСКК - нет**



КК В РОССИИ В ПЕРИОД 2012-2015 ГГ.

| НПЗ | Производительность, тыс.т/г | Год ввода |
|--|--------------------------------|-----------|
| Куйбышевский НПЗ | 1250 | 2012 |
| Сызранский НПЗ | 1250 | 2014 |
| Нижегороднефтеоргсинтез (2-я установка) | 1500 | 2015 |
| Пермнефтеоргсинтез | 1500 | 2015 |
| Волгограднефтепереработка Комплекс каталитического крекинга для переработки тяжелых остатков | 1500 | 2015 |
| Газпром нефтехим Салават Каталитический крекинг с гидроочисткой бензина | 1200 | 2015 |
| Орскнефтеоргсинтез | 800 | 2015 |



УЗЕЛ ВВОДА СЫРЬЯ

