

Процессы глубокой переработки нефти

Доц. БКХТПЭ и УМ,
к.х.н., Сафин Владимир Александрович

К. №3_13

Классификация нефтеперерабатывающих заводов

По ассортименту:

- НПЗ топливного профиля;
- НПЗ топливно-масляного профиля;
- НПЗ (нефтехимкомбинаты) топливно-нефтехимического профиля;
- НПЗ (нефтехимкомбинаты) топливно-масляно-нефтехимического профиля.



Классификация нефтеперерабатывающих заводов

По глубине переработки нефти (ГПН):

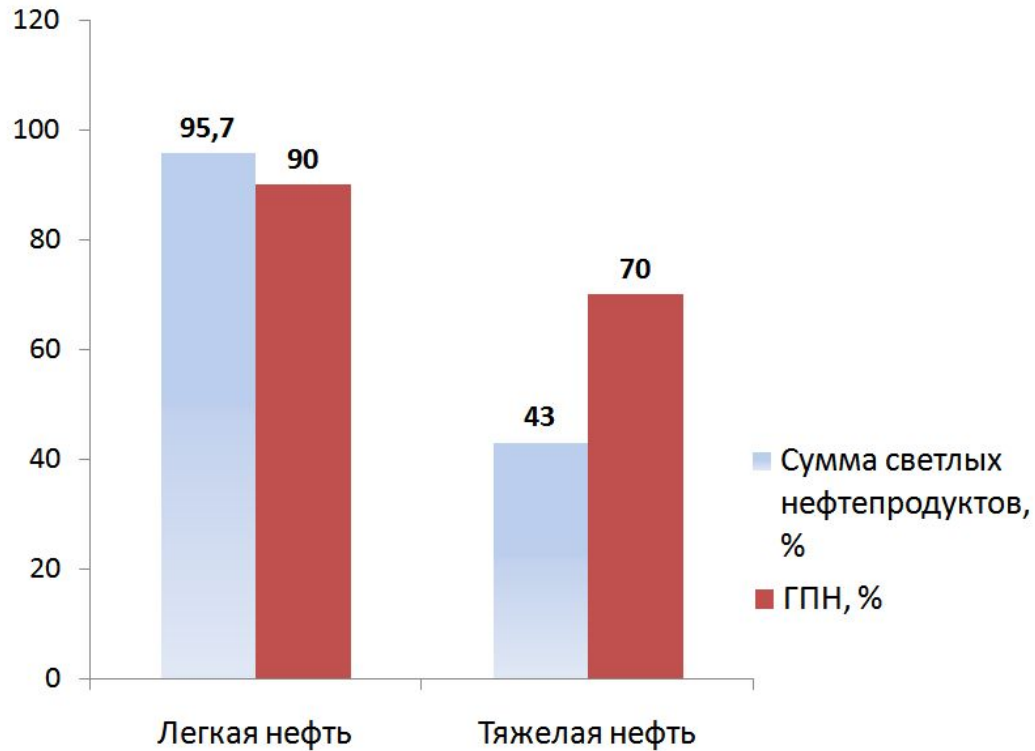
$$\text{ГПН} = 100 - \text{КТ} - (\text{T} + \text{П}),$$

где *T* и *П* — соотв. удельные затраты топлива на переработку и потери нефти на НПЗ в % на сырье.

- НПЗ НГП (неглубокая переработка);
- НПЗ УПН (углубленная переработка);
- НПЗ ГПН (глубокая переработка нефти);
- НПЗ БОП (без остатка переработки).

| Показатель нефтепереработки | Тип НПЗ | | | |
|--|---------|---------|----------------|-------------|
| | НГП | УПН | ГПН | БОП |
| Тип остатка | Мазут | Гудрон | Тяжелый гудрон | Нет остатка |
| Выход остатка, % на нефть ср. сортности | 40 - 55 | 20 - 30 | 10 - 15 | 0 |
| ГПН, % мас. (без учета T и П) | 45 - 60 | 70 - 80 | 85 - 95 | 100 |

Глубина переработки нефти



Нефтеперерабатывающие мощности России



Крупнейшие заводы по переработке нефтяного сырья

| Центральный ФО | год* | мощность млн.т |
|------------------|------|----------------|
| Рязанская НПК | 1960 | 15,0 |
| ЯрославНОС | 1961 | 13,5 |
| Московский НПЗ | 1938 | 12,2 |
| мини-НПЗ (8 ед.) | | 1,1 |

| Северо-Западный ФО | год* | мощность млн.т |
|--------------------|------|----------------|
| КиришиНОС | 1966 | 22,0 |
| УхтаНП | 1933 | 3,2 |
| мини-НПЗ (3 ед.) | | 0,3 |

| Южный ФО | год* | мощность млн.т |
|--------------------|------|----------------|
| ВолгоградНП | 1957 | 11,0 |
| Туапсинский НПЗ | 1949 | 5,2 |
| Астраханский ГПЗ | 1981 | 3,3 |
| Краснодарский НПЗ | 1911 | 2,2 |
| Афипский НПЗ | 1984 | 3,7 |
| Новошахтинский НПЗ | 2009 | 2,5 |
| мини-НПЗ (21 ед.) | | 2,0 |

| Приволжский ФО | год* | мощность млн.т |
|----------------------|------|----------------|
| НижегородНОС | 1956 | 19,0 |
| ПермНОС | 1958 | 12,4 |
| Уфимский НПЗ | 1938 | 9,6 |
| Новокуйбышевский НПЗ | 1946 | 9,6 |
| Уфанефтехим | 1957 | 9,5 |
| СалаватНОС | 1952 | 9,1 |
| Сызранский НПЗ | 1959 | 8,9 |
| ТАИФ-НК | 1980 | 8,0 |
| Ново-Уфимский НПЗ | 1951 | 7,1 |
| Куйбышевский НПЗ | 1943 | 7,0 |
| ОрскНОС | 1935 | 6,6 |
| Саратовский НПЗ | 1934 | 6,5 |
| Марийский НПЗ | 1998 | 1,3 |
| мини-НПЗ (16 ед.) | | 1,7 |

| Уральский ФО | год* | мощность млн.т |
|-------------------|------|----------------|
| Сургутский ЗСК | 1985 | 4,0 |
| мини-НПЗ (12 ед.) | | 4,0 |

| Сибирский ФО | год* | мощность млн.т |
|-------------------|------|----------------|
| ОмскНОС | 1955 | 19,5 |
| Ангарская НХК | 1955 | 11,0 |
| Ачинский НПЗ | 1981 | 7,0 |
| мини-НПЗ (17 ед.) | | 1,4 |

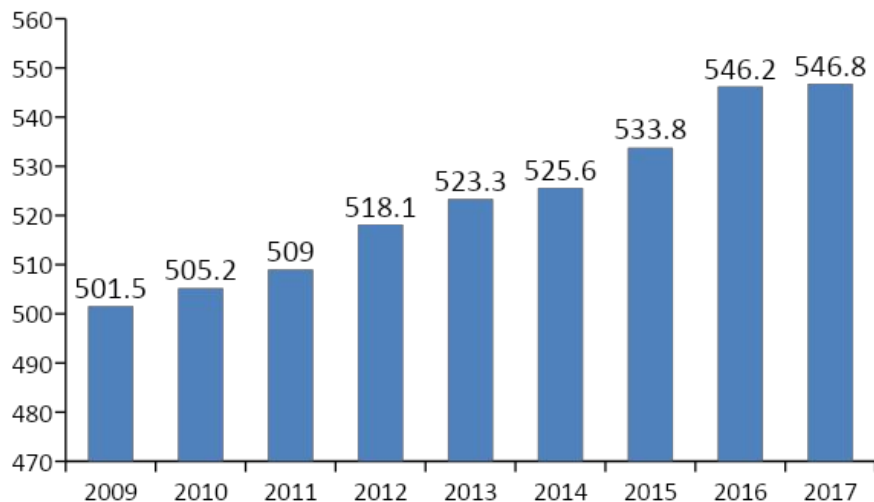
| Дальневосточный ФО | год* | мощность млн.т |
|--------------------|------|----------------|
| Комсомольский НПЗ | 1942 | 7,3 |
| Хабаровский НПЗ | 1936 | 4,4 |
| мини-НПЗ (3 ед.) | | 0,8 |

* год ввода в эксплуатацию

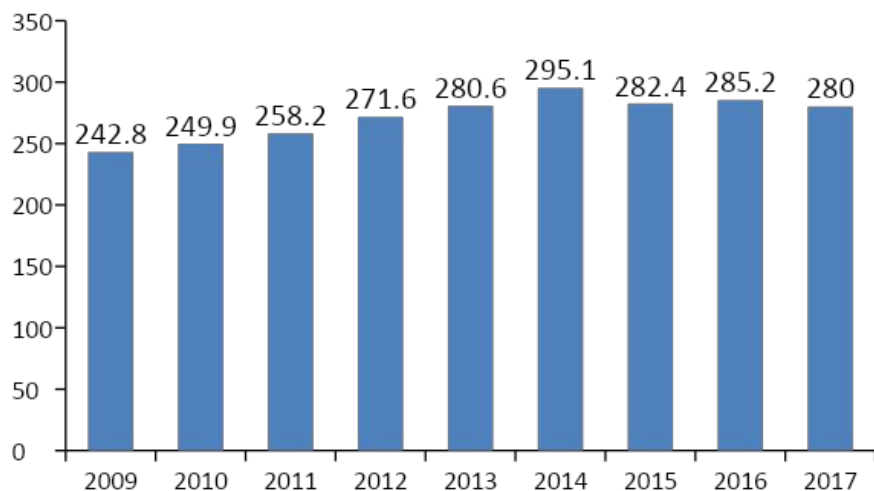


Отечественная добыча и нефтепереработка

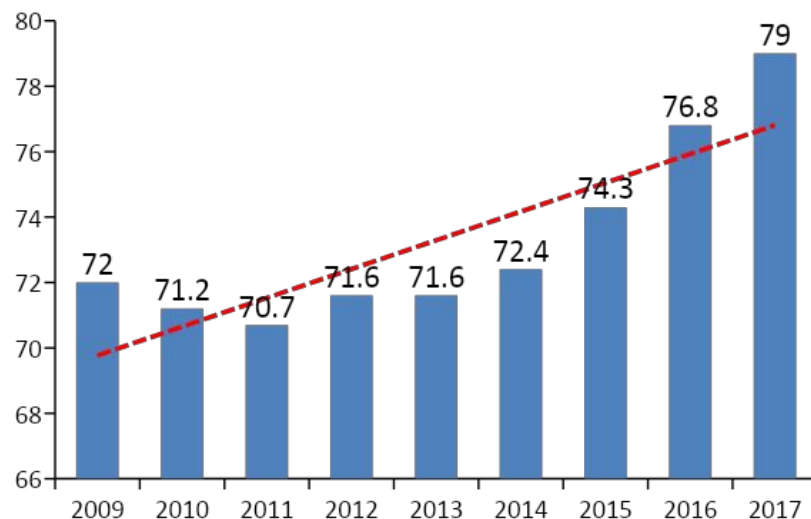
Добыча, млн. т



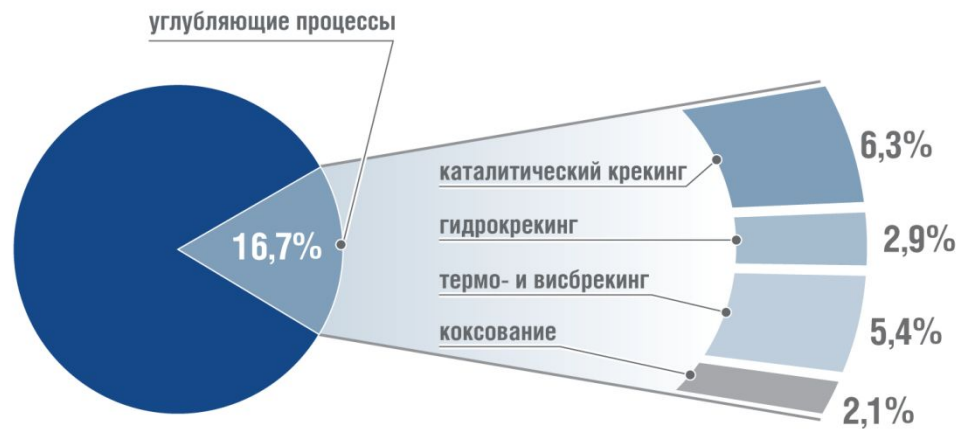
Объем первичной переработки, млн. т



Глубина переработки



Доля углубляющих процессов в мощностях по первичной переработке

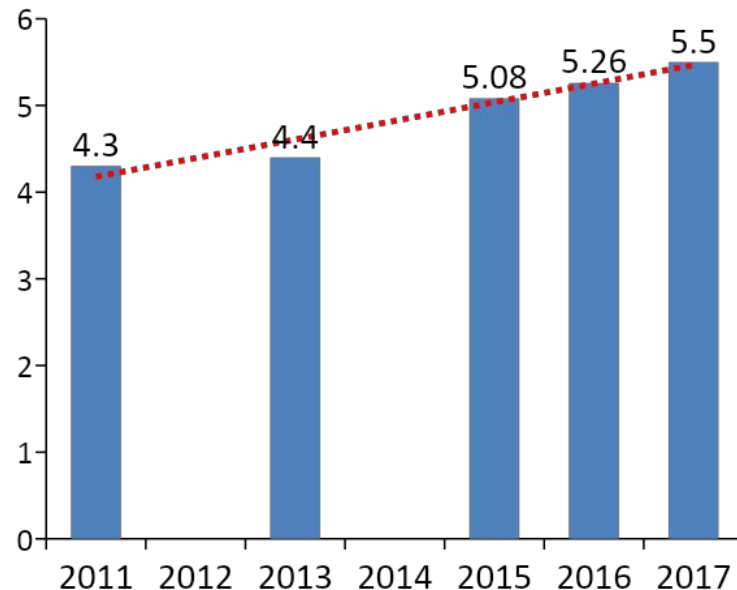


Индекс комплексности Нельсона

Индекс сложности Нельсона был разработан У. Нельсоном в 1960-61 гг. Индекс Нельсона оценивает уровень вторичной мощности преобразования на НПЗ по отношению к первичной мощности дистилляции.

| Установки НПЗ | Доля процесса | Индекс Нельсона | Рейтинг |
|--|---------------|-----------------|---------|
| Установка АВТ | 1 | 1 | 1 |
| Каталитический риформинг | 0,144 | 5 | 0,72 |
| Каталитическая изомеризация | 0,0632 | 15 | 0,948 |
| Гидроочистка дизельных фракций | 0,2758 | 2 | 0,5516 |
| Блок гидроочистки | 0,2474 | 2 | 0,4948 |
| Блок каталитического крекинга | 0,231 | 6 | 1,386 |
| Установка коксования | 0,1074 | 6 | 0,6444 |
| Производство битумов | 0,0277 | 1,5 | 0,04155 |
| ГФУ непредельных газов | 0,0492 | | |
| Алкилирование бутан-бутиленовой фракции изобутаном | 0,0162 | 10 | 0,162 |
| Производство водорода | 0,0201 | 1 | 0,0201 |
| ИТОГО | | | 5,9684 |

Совокупный индекс комплексности Нельсона НПЗ РФ:



Основные выводы по текущему состоянию нефтепереработки в Российской Федерации



Позитивные факторы

- ▶ Высокий производственный потенциал нефтеперерабатывающих заводов по первичной переработке нефтяного сырья, позволяющий поддерживать опережающие темпы роста объемов производства нефтепродуктов и полностью обеспечивать растущие потребности в топливе российского внутреннего рынка.
- ▶ Территориальное распределение нефтеперерабатывающих мощностей в основном соответствует масштабам региональных потребительских рынков.



Негативные факторы

- ▶ Слабый уровень технологической оснащенности нефтеперерабатывающих заводов и как следствие: низкая эффективность переработки нефтяного сырья сопровождающаяся вынужденным выпуском значительных объемов мазута, вакуумного газойля и прямогонного бензина, направляемых преимущественно как сырье для переработки на зарубежных нефтеперерабатывающих заводах.
- ▶ Низкие потребительские свойства моторных топлив по степени соответствия мировым стандартам по экологической безопасности.
- ▶ Низкий налог на экспорт темных нефтепродуктов.
- ▶ Слабо развитые рыночные механизмы ценообразования нефтепродуктов на внутреннем рынке.

Классификация процессов глубокой переработки нефти

1. Термические процессы



2. Термокаталитические процессы



3. Гидрогенизационные процессы



Термические процессы в переработке нефти

Термодинамика

$$\sum_{n=1}^m \nu_{ni} A_n = 0 \quad (n = 1 \dots s)$$

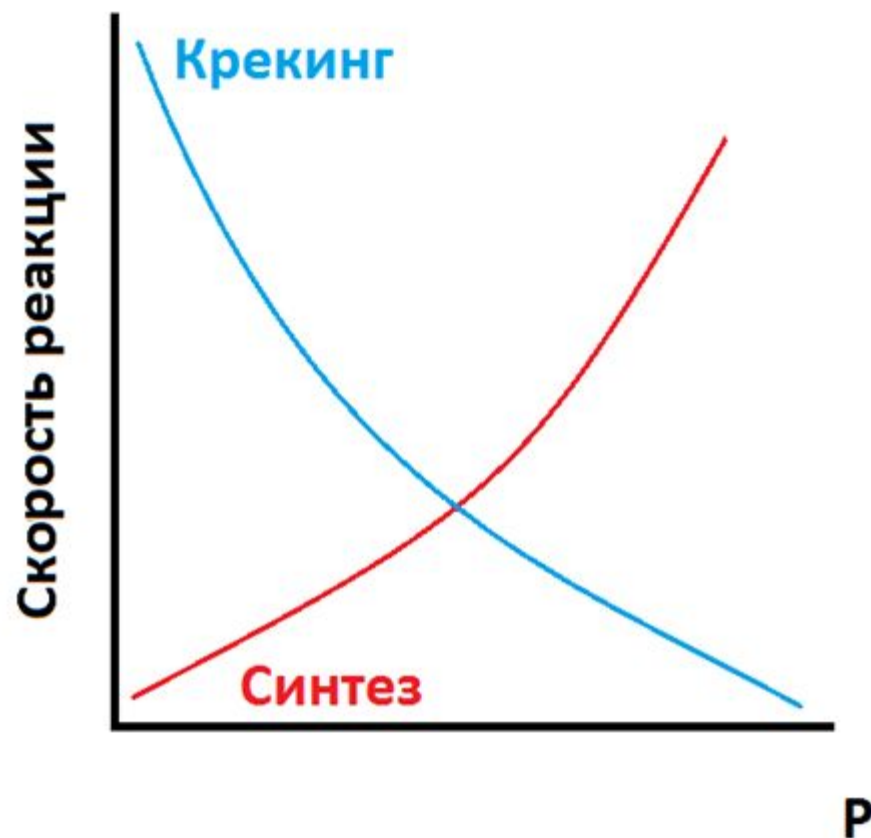
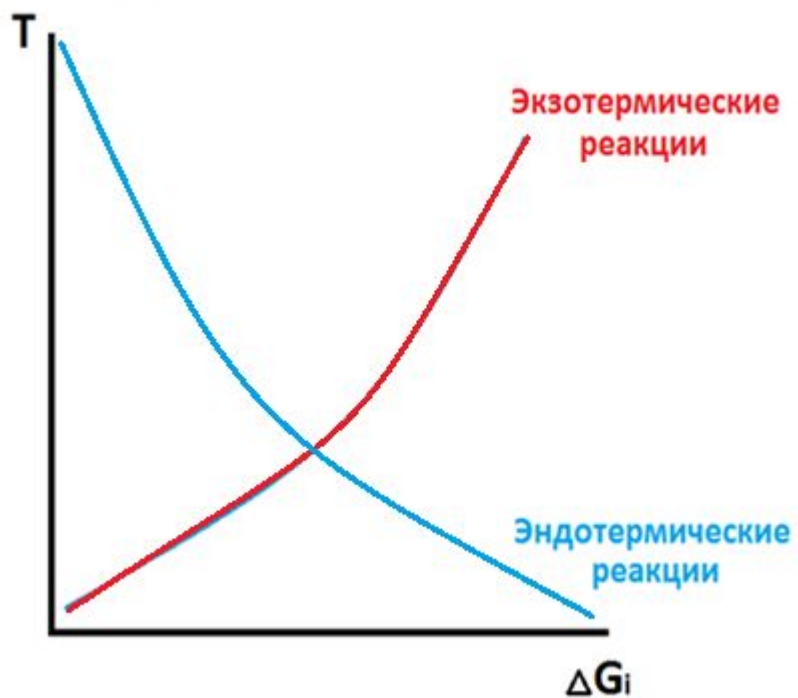
где n - номер химического вещества A ; i - номер реакции; m - общее число участвующих в реакции химических веществ A , s - число независимых реакций; ν - стехиометрический коэффициент при A в i -той реакции

$$\Delta G_i = \sum_{n=1}^m \nu_i \Delta G_{An}$$

где ΔG_{An} - свободная энергия образования A_n вещества из элементов (ΔG°).

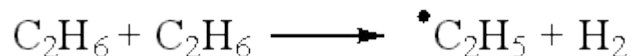
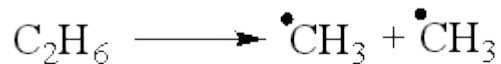
$$\ln K_p = - \Delta G^\circ / (RT)$$

Термодинамика



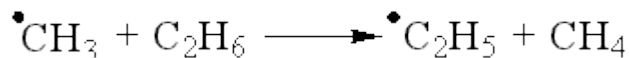
Радикально-цепной механизм термической деструкции

1) Инициирование



2) Продолжение цепи

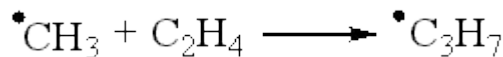
а) замещение:



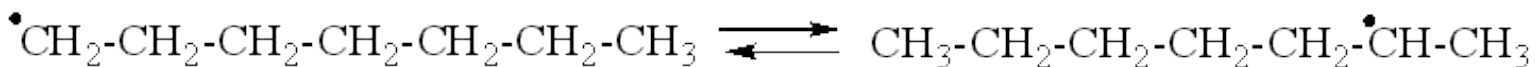
б) распад радикалов с образованием ненасыщенных молекул:



в) присоединение радикалов по кратной связи:

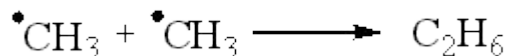


г) изомеризация свободных радикалов:

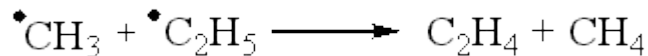


3) обрыв цепи:

а) реакции рекомбинации:

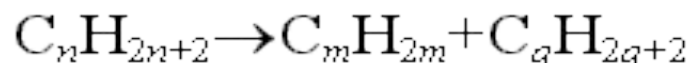


б) диспропорционирование:

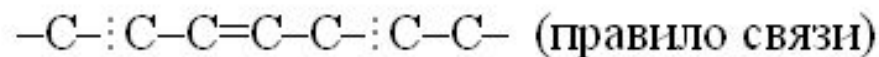


Основные типы реакций для углеводородов различных классов

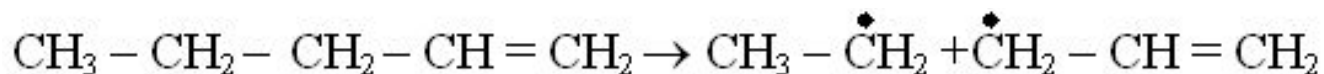
Преобразование алканов



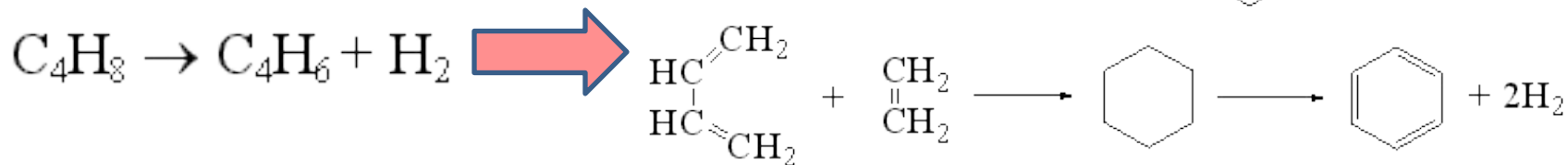
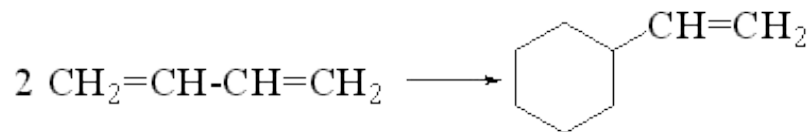
Преобразование алкенов



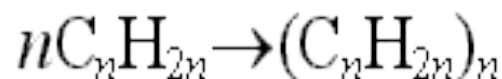
1 Распад алкенов



2 Дегидрирования алкенов



3 Конденсация

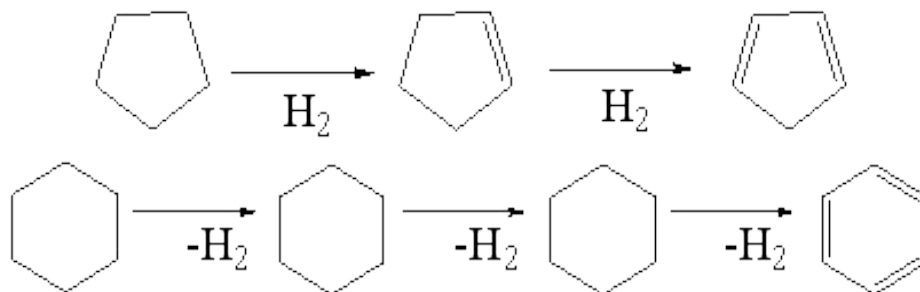


Основные типы реакций для углеводородов различных классов

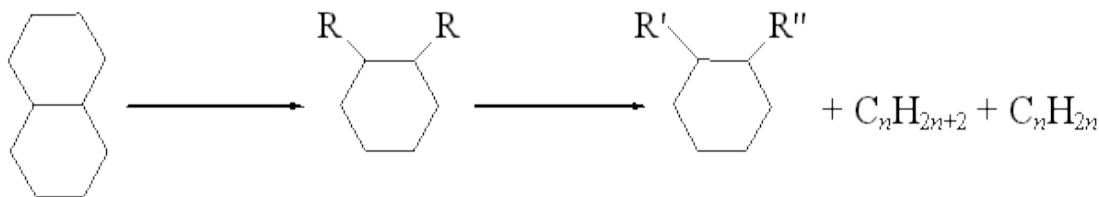
Превращение циклоалканов

1 Деалкилирование

2 Дегидрирование кольца с образованием циклоалкенов и аренов



3 Частичная или полная дегидроциклизация



4 Распад моноциклических циклоалканов



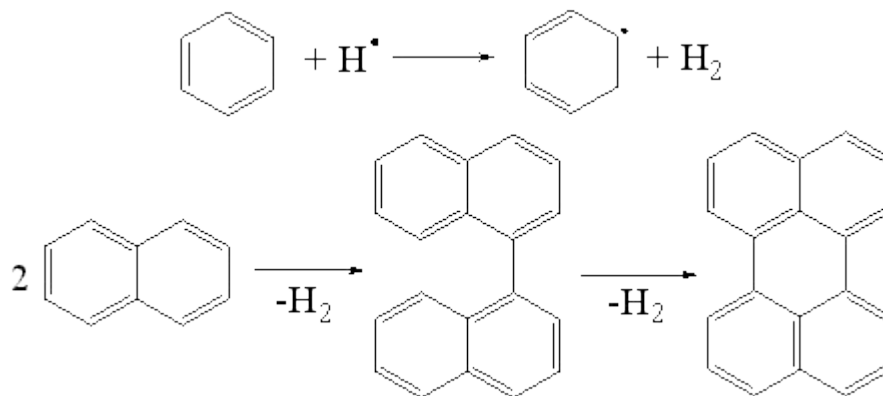
Основные типы реакций для углеводородов различных классов

Превращение ароматических углеводородов

- 1 Ароматические углеводороды с длинными боковыми цепями могут деалкилироваться



- 2 Конденсация



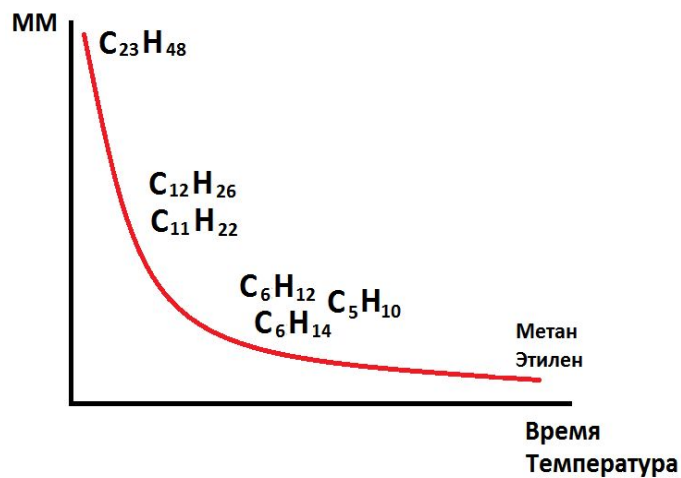
Превращение смолисто-асфальтеновых веществ

Основная реакция – дегидроконденсация. В результате образуется нефтяной кокс и углеводородные газы.

Основные закономерности термических процессов переработки нефти

Основные выводы по химизму газофазного термолиза

Преобразование алканов



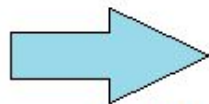
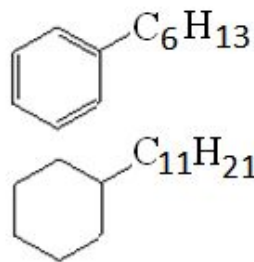
Преобразование алкенов



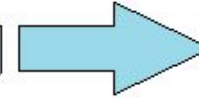
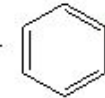
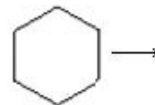
Деструктивная полимеризация

Циклизация

Преобразование циклоалканов, аренов



Замещенные циклические соединения с короткими (преим. метильными) заместителями



Высокомолекулярные жидкие продукты

Основные закономерности жидкофазного термолиза нефтяных остатков

1. Протекает через последовательные или параллельно-последовательные стадии образования и расходования промежуточных продуктов

легкие масла → полициклические арены → смолы → асфальтены → карбены → карбоиды → кокс

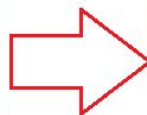
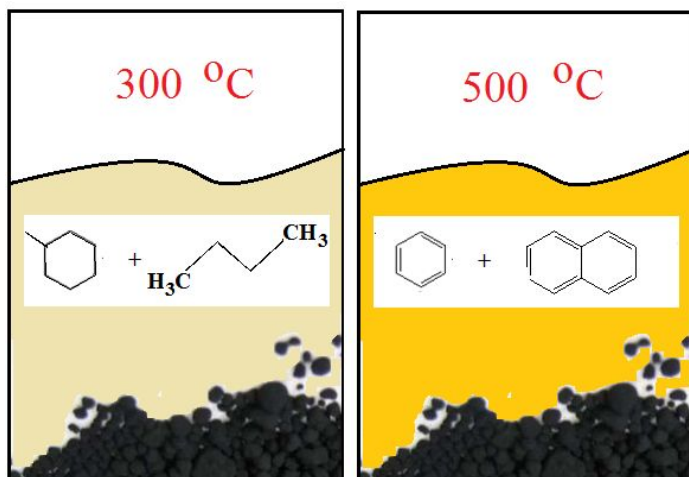
2. При термолизе ТНО имеют место фазовые превращения групповых компонентов.



Основные закономерности жидкофазного термолиза нефтяных остатков

3. На интенсивность (скорость) термодеструктивных превращений ТНО существенное влияние оказывает растворяющая способность дисперсионной среды, которая определяет значение т. н. «пороговой» концентрации асфальтенов.

«Агрегативная устойчивость» сырья



Основные закономерности жидкофазного термолиза нефтяных остатков

4. При термолизе ТНО растворитель не только служит дисперсионной средой, но и является реагирующим компонентом.



Останавливая процесс термолиза на любой стадии, можно получить продукты требуемой степени ароматичности или уплотнения, например, крекинг - остаток с определенным содержанием смол и асфальтенов, кокс с требуемой структурой и анизотропией.