



# 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

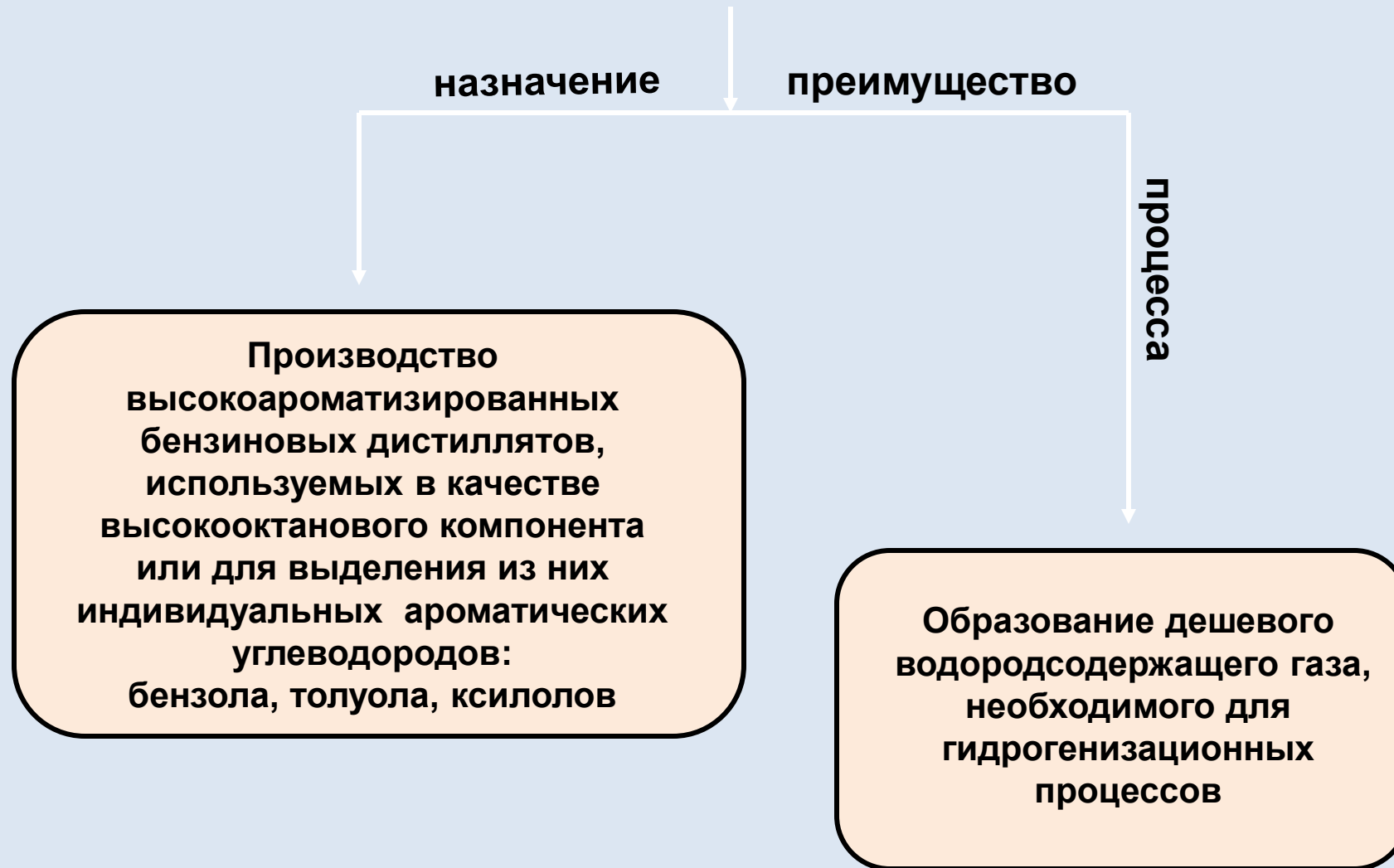
Лекция 8

## Каталитический риформинг

## План лекции

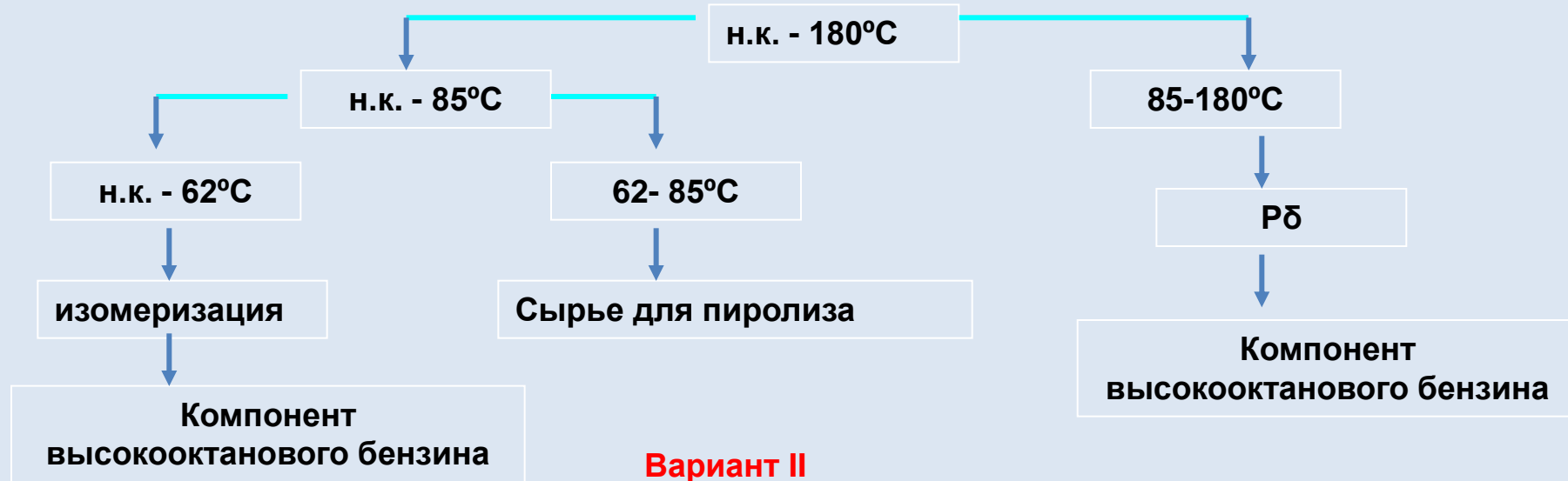
- A Назначение процесса каталитического риформинга.
- A Химизм и термодинамика процесса.
- A Катализаторы риформинга.
- A Основные факторы процесса.
- A Классификация установок риформинга
- A Схема установки риформинга
- A Основные показатели риформинга
- A Материальный баланс

# Каталитический риформинг

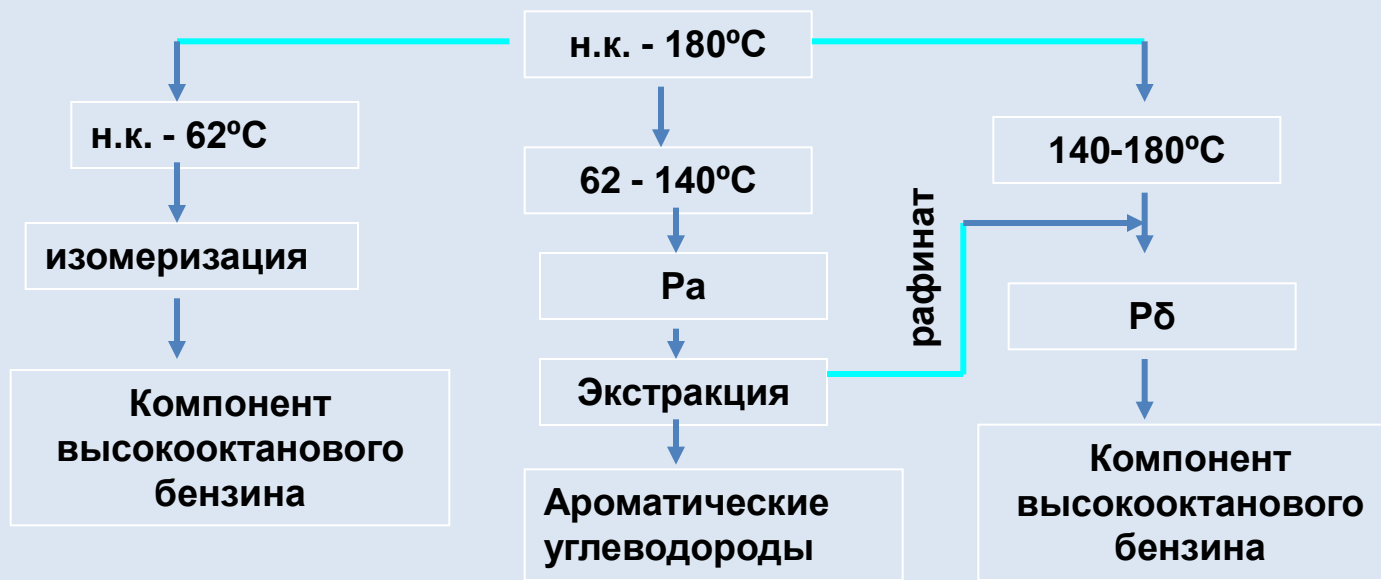


# Варианты использования риформинга с целью производства высокооктанового компонента бензина (I) и АРУ(II)

## Вариант I



## Вариант II



**Pa** – риформинг для получения ароматических углеводородов

**Рδ** – риформинг для получения компонента высокооктанового бензина

## Типичное изменение группового химического состава бензина при риформинге (% об.)

Углеводороды	Сырье	Продукты
Парафиновые	50	35
Нафтеновые	40	10
Ароматические	10	55

### Химизм процесса

Целевые реакции, приводящие к образованию ароматических углеводородов

Дегидрирование,  
дегидрирование и изомеризация  
нафтеновых углеводородов

Дегидроциклизация,  
дегидроциклизация и изомеризация  
парафиновых углеводородов

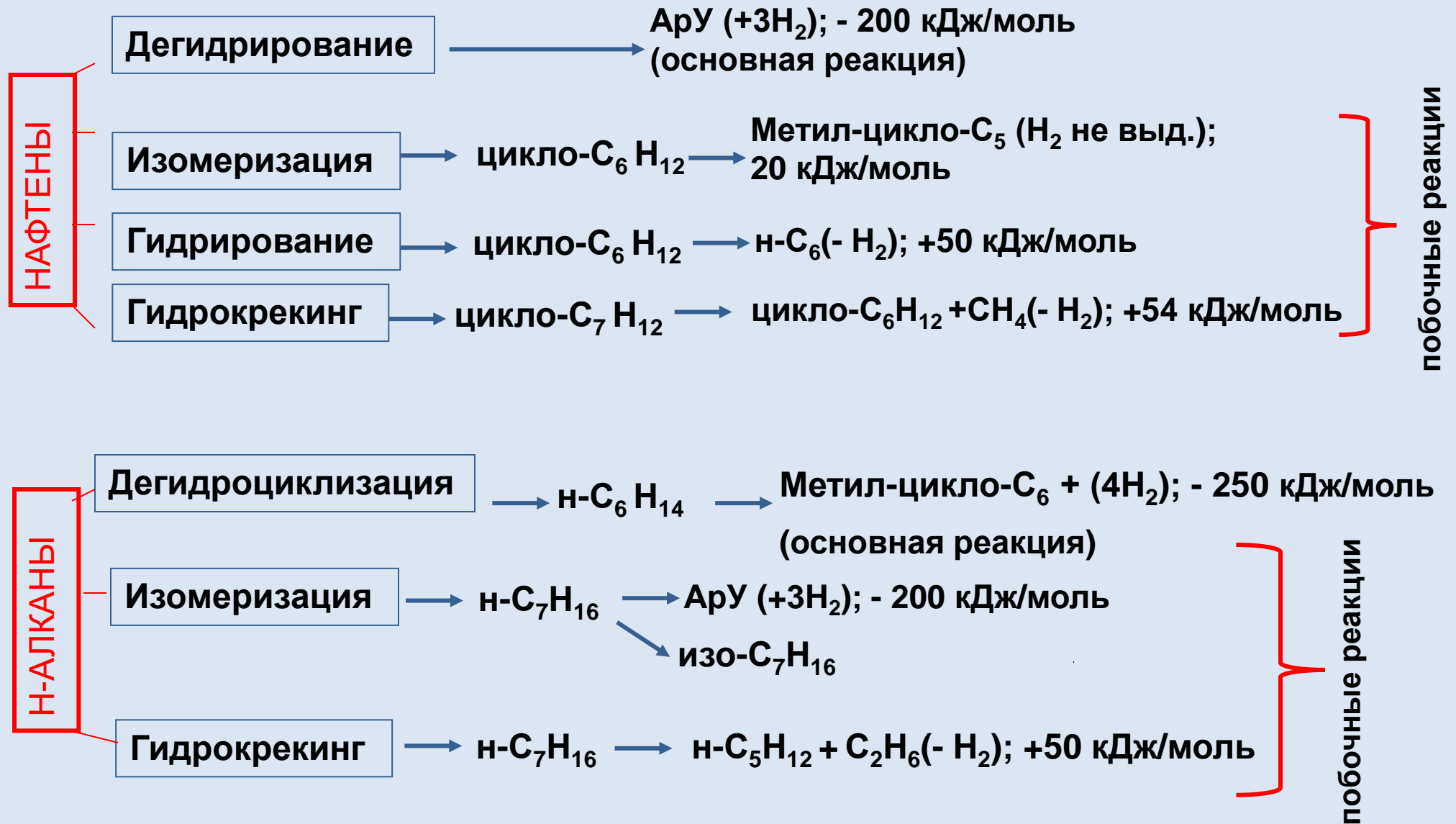
## Термодинамика риформинга

- Наиболее важные реакции риформинга, ведущие к образованию ароматических углеводородов из нафтенов и парафинов, идут с поглощением **тепла**



Тепловой эффект процесса – *отрицательный*.  
Его величина определяется содержанием нафтеновых углеводородов в сырье и составляет **250-630** кДж/кг

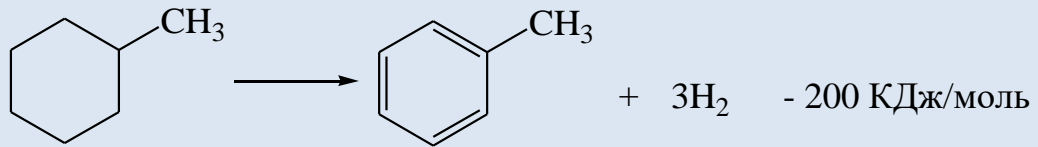
# Химизм каталитического риформинга



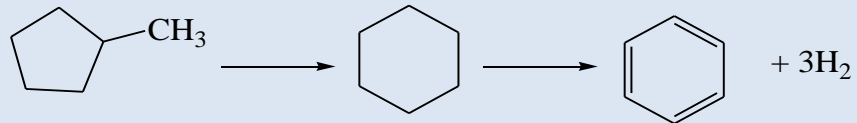


# Основные реакции риформинга

## 1. Дегидрирование шестичленных циклоалканов



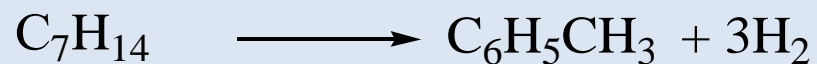
## 2. Дегидроизомеризация пятичленных циклоалканов



## 3. Дегидроциклизация алканов



## 4. циклодегидрирование алкенов



## Катализаторы риформинга

Катализаторы применяемые в процессе риформинга, должны обладать двумя основными функциями:

**дегидрирующая-гидрирующая**

Эту функцию в катализаторе обычно выполняют металлы 8 группы периодической системы элементов Д.И. Менделеева (платина, палладий, никель). Наибольшими дегидрирующими свойствами обладает платина. Содержание платины в катализаторе обычно составляет 0,3-0,6% масс.

**кислотная**

Этой функцией обладает носитель катализатора – окись алюминия. Кислотными свойствами катализатора определяется его крекирующая и изомеризирующая активность. Для усиления кислотной функции катализатора в его состав вводят галогены, чаще всего хлор.

## Бифункциональные катализаторы

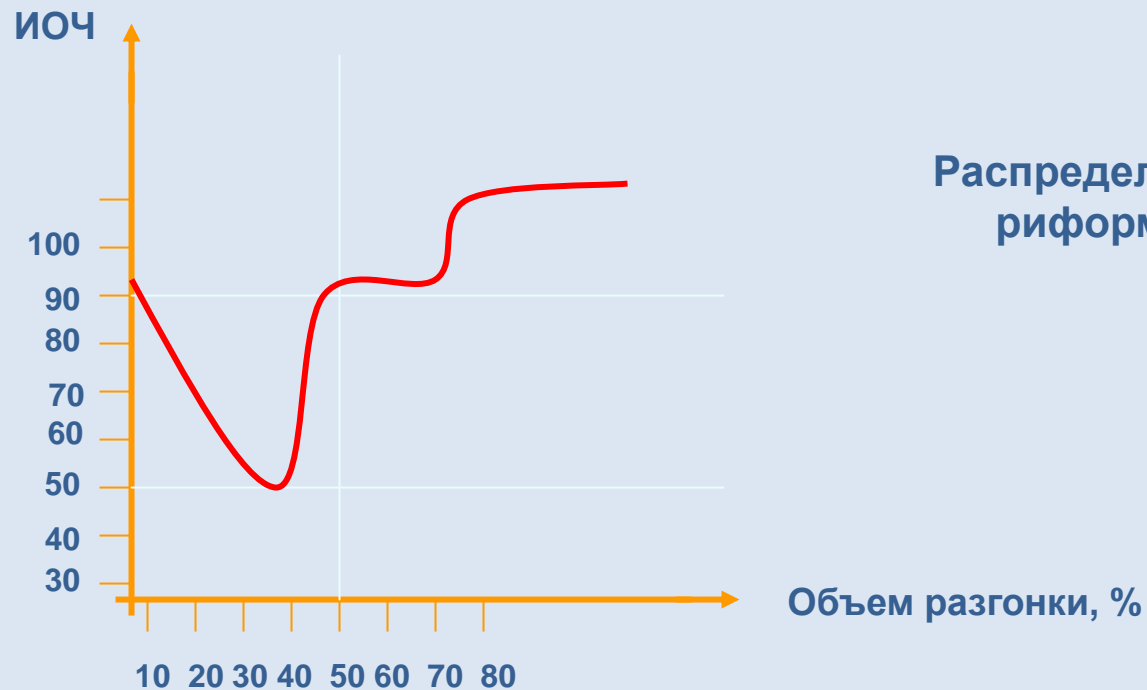
Бифункциональные – катализаторы сочетающие обе функции:  
**дегидрирующую-гидрирующую + кислотную**

Для повышения активности селективности и стабильности катализаторов вводят специальные элементы – **промоторы**.

К биметаллическим катализаторам относятся **платино-рениевые** и **платино-иридиевые**, содержащие 0,3-0,4% мас. платины и примерно столько же Re и Ir. Роль Re и Ir – стабилизация высокой дисперсности платины

## Сырье риформинга

Прямогонные бензиновые фракции 85-180°C с низким содержанием серы (до 0,5 ppm), азота (до 0,5 ppm), и кислорода (влаги до 4 ppm), предпочтительно с высоким содержанием нафтеновых углеводородов.



Распределение ИОЧ в типичном риформате по данным IFP

# Основные факторы процесса



# Промышленные установки



```
graph TD; A[Промышленные установки] --> B[Установки со стационарным слоем катализатора]; A --> C[Установки с движущимся слоем катализатора]; C --> D[CCR (технология ИОР)]; C --> E[октанайзинг (ФИН)];
```

The diagram is a hierarchical flowchart. At the top is a light orange rectangular box containing the text 'Промышленные установки'. Two black arrows point downwards from this box. The left arrow points to a light blue rounded rectangular box containing the text 'Установки со стационарным слоем катализатора'. The right arrow points to another light blue rounded rectangular box containing the text 'Установки с движущимся слоем катализатора'. From this second box, two more black arrows point downwards to the text 'CCR (технология ИОР)' and 'октанайзинг (ФИН)'.

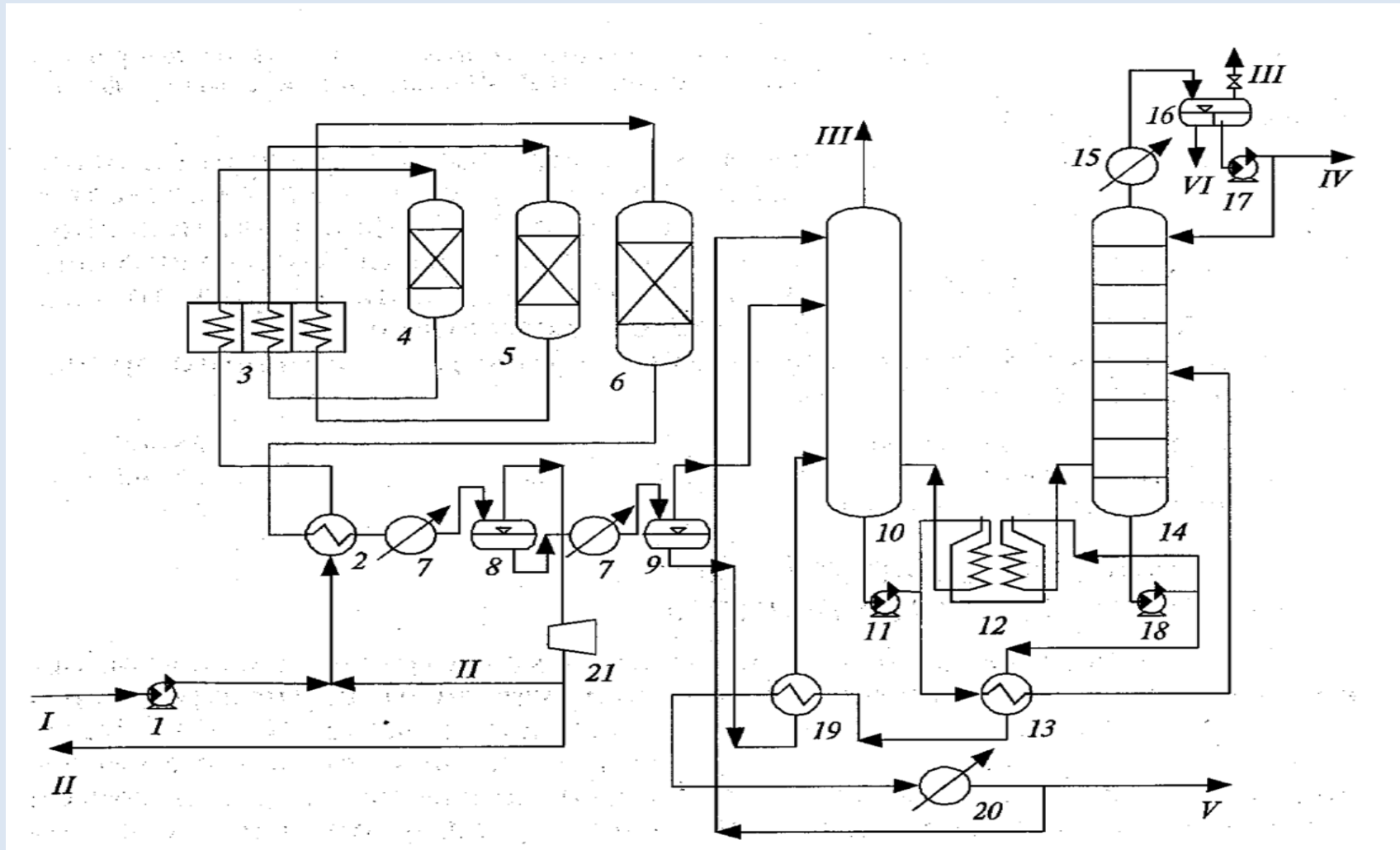
Установки  
со стационарным  
слоем катализатора

Установки  
с движущимся слоем  
катализатора

**CCR**  
(технология ИОР)

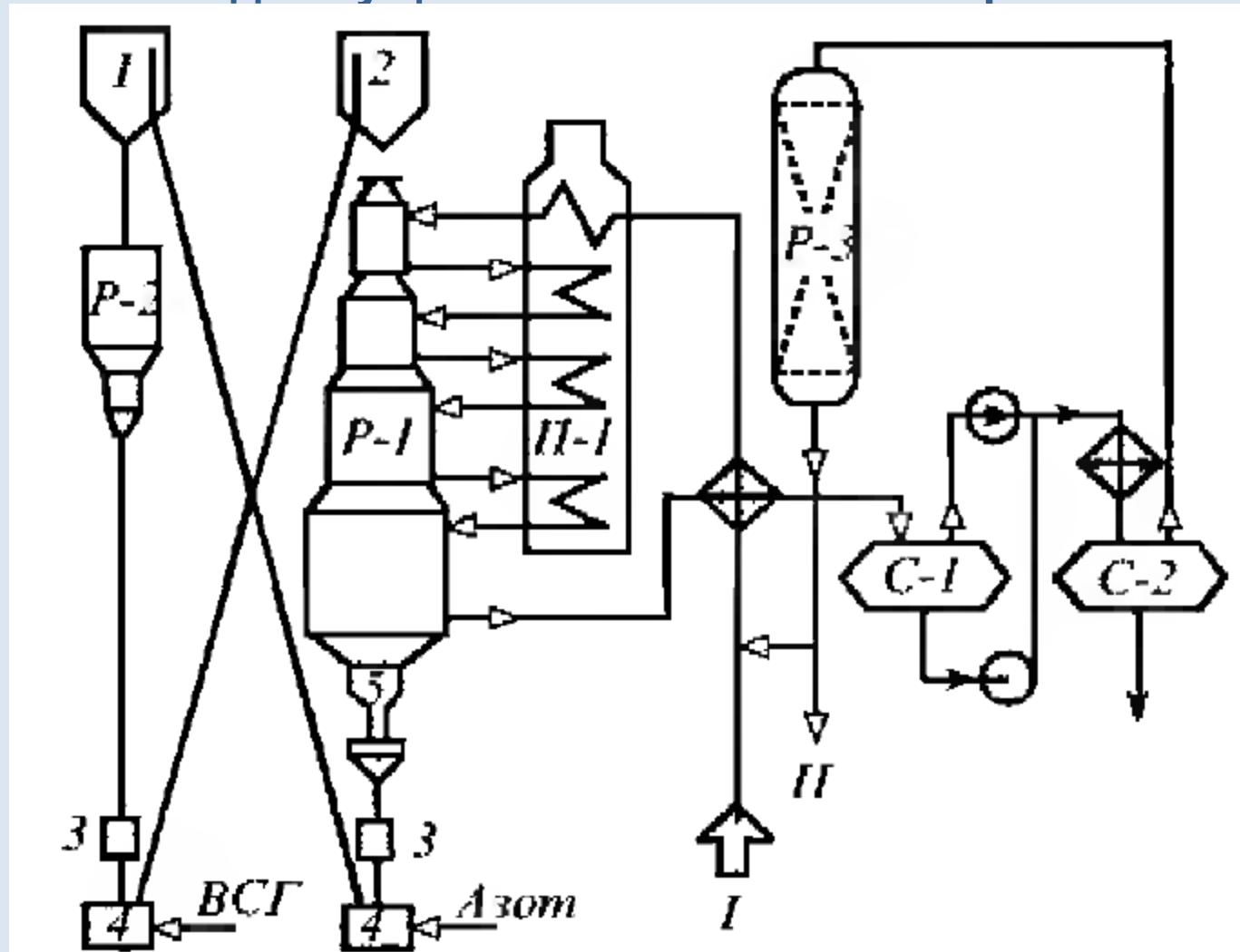
**октанайзинг**  
(ФИН)

## Схема установки каталитического риформинга на стационарном катализаторе



1,11,17,18 – насосы; 2,13,19 – теплообменники; 3 – многосекционная печь; 4-6 – реакторы; 7,15,20 – холодильники; 8,9 – сепараторы; 10,14 – колонны; 12 – печь; 16-ёмкость; 21- компрессор

## Технологическая схема установки риформинга УОР с движущимся слоем катализатора



1 — бункер закоксованного кат-ра; 2 — бункер регенерированного кат-ра;  
3 — шлюз; 4 — дозатор; 5 — разгрузочное устр-во; I — гидроочищенное сырье;  
II — ВСГ; III — риф-т на стабилизацию



## Основные показатели риформинга

Температура, °С	495-540
Давление, МПа	0,9-1,2
Объемная скорость подачи сырья, ч <sup>-1</sup>	1,8-1,9
Кратность циркуляции водородосодержащего газа, м <sup>3</sup> /м <sup>3</sup>	800-900
Распределение катализатора по реакторам	1:2:4
Октановое число продукта (и.м.)	100
Содержание ароматических углеводородов в продукте, % (об.)	55-58

## Материальный баланс риформинга с неподвижным слоем катализатора

Показатель	% мас.
<b><u>Поступило:</u></b>	
сырье(85-180 <sup>0</sup> С)	100,0
<b><u>Получено:</u></b>	
Катализат	82,3
Углеводородный газ	7,4
Газ стабилизации	4,5
Водородсодержащий газ	5,8
<b><u>Итого:</u></b>	100,0

## Материальный баланс риформинга с подвижным слоем катализатора

Поступило:	
Сырье (фракция 85 – 180 °С), % (мас.)	100,0
Получено:	
Углеводородный газ	5,1
Головка стабилизации	3,4
Катализат	88,0
Водородсодержащий газ	3,5
в том числе водород	3,1
Итого:	100,0