



## **МОДУЛЬНЫЕ РЕАКТОРЫ РИФОРМИНГА БЕНЗИНОВОЙ И КАТАЛИТИЧЕСКОЙ ДЕПАРАФИНИЗАЦИИ ДИЗЕЛЬНОЙ ФРАКЦИЙ В РАСПЛАВЕ КАТАЛИЗАТОРА**

*Модульные реакторы риформинга бензиновой и каталитической депарафинизации дизельной фракции в расплаве катализатора предназначены для переработки бензиновой прямогонной фракции (исполнение Б) с целью получения базового бензина с ОЧ(И)90 и зимнего дизельного топлива (исполнение Д). В качестве катализатора используется расплав эвтектики солей хлорида цинка и хлорида натрия с функциональными добавками. Процесс риформинга/депарафинизации и регенерации катализатора протекают одновременно и непрерывно в разных секциях реактора. Отдельный модуль-реактор может иметь номинальную производительность по сырью 0,25, 0,50 и 1,00 т/час. Для обеспечения требуемой мощности переработки модульные реакторы объединяются в параллельной схеме подключения. Преимуществом процесса переработки бензина, реализуемого в реакторе, является малый процент (примерно 3-4%) потери прямогонного бензина на углеводороды C1-C4 (газы).*

**Ключевые слова:** высокооктановый бензин, риформинг, каталитическая депарафинизация, изомеризация.

### Назначение технологии и оборудования

Модульные реакторы риформинга бензиновой и каталитической депарафинизации дизельной фракции в расплаве катализатора предназначены для переработки бензиновой прямогонной фракции (исполнение Б) с целью получения базового бензина с ОЧ(И)90 и зимнего дизельного топлива (исполнение Д).

### Теоретическое обоснование процесса

Катализаторами реакций изомеризации, ароматизации углеводородов являются вещества, обладающие свойствами кислоты Льюиса. Например, в известной группе процессов риформинга аналогов процесса «Цеоформинг» в качестве такого вещества-катализатора используется кислотная форма цеолитов. В реализуемом нами процессе риформинга в расплаве эвтектики солей основными компонентами расплава являются хлорид цинка и хлорид натрия. Непосредственно сам хлорид цинка является сильной кислотой Льюиса<sup>1</sup>, однако в расплаве хлорида натрия, его электрофильные свойства значительно возрастают<sup>2</sup>, что связано в первую очередь с образованием его комплексов  $ZnCl_3^-$  и  $ZnCl_4^{2-}$ <sup>3</sup>. Другими компонентами расплава являются оксиды металлов, которые необходимы для связывания, выделяющегося в процессе риформинга сероводорода, и переноса его в регенерационную зону реактора. Также добавки препятствуют деградации каталитических свойств расплава.

<sup>1</sup> Смидович Е.В. *Технология переработки нефти и газа. Ч. 2. Крекингнефтяного сырья и переработка углеводородных газов.* М.: Химия, 1980. – 328 с. // Капустин В.М. *Технология переработки нефти. В 2 ч. Часть вторая. Деструктивные процессы.* М.: Колос, 2007 – 334 с.

<sup>2</sup> *Справочник по расплавленным солям* Перевод с английского под редакцией и с дополнениями А.Г. Морачевского. Том 1. Л.: Химия, 1971. – 168 с.

<sup>3</sup> George J. Janz. *Molten Salts Handbook.* New York: Academic Press Inc., 1967. – 602 p. // Ю.С. Чекрышкин, Е.В. Пантелеев и др. *Неорганические расплавы – катализаторы превращения органических Веществ.* М.: Наука, 1989. – 134 с.

Описание оборудования

Оборудование – блочный модуль-реактор, выпускаемый согласно БРФЕ. 304242.003 ТУ имеет два исполнения. Исполнение «Б» предназначено для переработки бензиновой фракции с целью повышения ее октанового числа. Исполнение «Д» предназначено для каталитической депарафинизации дизельной фракции с целью улучшения ее температурных свойств и получения базы для зимнего дизельного топлива.

Реактор включает в свой состав рабочую реакционную зону и зону регенерации расплава, перемещение каталитического расплава между зонами осуществляется газлифтным способом за счет паров углеводородов в реакционной камере и за счет воздуха в камере регенерации расплав (процесс выжигания углеродного кокса). Рабочая реакционная камера и камера расплава соединены между собой через промежуточную буферную камеру, выполняющую роль гидрозатвора и препятствующую смешению воздуха и углеводородов с образованием взрывоопасных смесей.

В реакционной камере реализуется пенный режим контактирования паров углеводородов с расплавом катализатора, что обеспечивает максимальную поверхность контакта и, помимо других конструкционных мер, служит защитой от возможного удара во время запуска. Развитая поверхность контакта фаз в реакционной камере и высокая каталитическая активность расплава позволяет проводить процесс при температуре 500°C и малом времени контакта, составляющим менее 0,15 секунды, что позволяет избежать высоких потерь на отгазовку, характерных для процессов с использованием в качестве катализаторов цеолитов.

Источником тепла в модульном реакторе служит газовая горелка (опционально газовая горелка может быть заменена на горелку, работающую на другом виде топлива). Управление газовой горелкой осуществляется по параметру «температура» каталитического расплава. Расход углеводородной фракции (бензиновой или дизельной, в зависимости от исполнения реактора) постоянный и регулируется за счет диафрагмы на линии подачи. Расход воздуха на регенерацию (240нм<sup>3</sup>/час) также постоянный и также регулируется с помощью диафрагмы. Такой подход к регулировке расходов сырья и воздуха регенерации позволяет упростить схему управления отдельными модулями, что важно при их объединении в одну Установку. Таким образом, в масштабах Установки, построенной на базе реакторов-модулей, необходимо обеспечивать только стабильность температур и давлений в линиях подачи воздуха и углеводородного сырья.

Производительность единичного модуля по сырью 0.25, 0.50, 1.00 т/час. Габаритные размеры одного модульного реактора в зависимости от его производительности приведены в таблице ниже.

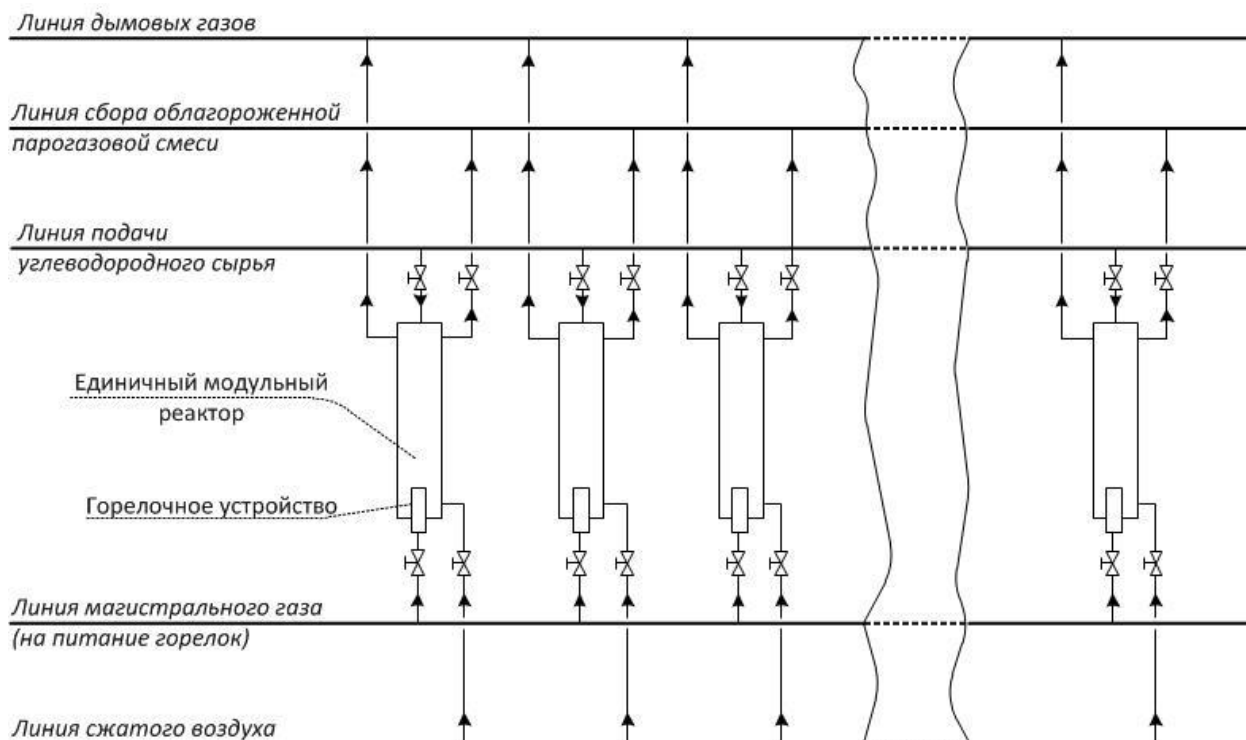
*Габариты единичного реактора*

<b>Производительность по сырью, т/час</b>	<b>Основание, мм</b>	<b>Высота, мм</b>
0.25	625x625	2980
0.50	732x732	3250
1.00	820x820	3410

Модули могут монтироваться вплотную друг к другу по параллельной схеме подключения. Модули длительное время не требуют обслуживания, срок службы катализатора более года, после чего необходима корректировка его состава. Для обслуживания отдельного модуля нет необходимости останавливать всю Установку. Каждый модуль снабжен устройством индикации его рабочего состояния, что позволяет осуществлять контроль за Установкой в целом.



## Схема включения оборудования

**Технологические параметры:**

- Температура подачи углеводородного сырья в диапазоне 20-35°С для бензиновой фракции и 20-120°С для дизельной фракции.
- Избыточное давление в линии подачи сырья – 0.5-0.6ати.
- Давление сжатого воздуха – 80-100кПа.
- Мощность единичного реактора по сырью – 0.25//0.50//1.00 т/час.
- Расход воздуха на единичный реактор – 240//480//720 нм<sup>3</sup>/час.
- Температура парогазовой смеси на выходе из реактора не более 250°С для бензиновой фракции и не более 350°С для дизельной фракции.



Справочная информация типичного изменения  
свойств сырья после его обработки

**Сырье – бензиновая фракция НК-180°С**

*Групповой состав до и после обработки бензиновой фракции*

Групповой состав	Прямогонная бензиновая фракция	Обработанная бензиновая фракция
Парафины	54,7	10,3
Изопарафины	6,8	30,1
Циклопарафины	29,3	25,3
Ароматические углеводороды	9,2	22,7
Олефины	0	11,6
Значение октанового числа	59(М)	82(М)/ 89(И).
Балансовые количества, масс. долей ед.	1,000	0,961 (0,039 потери на отгазовку, газы С <sub>1-4</sub> )

**Сырье – дизельная фракция**

Выход: облагороженной дизельной фракции – 0.95.

Бензиновая фракция НК120-200°С – 0.03.

Газы С<sub>1-4</sub> – 0,02.

Свойства дизельной фракции до и после обработки приведены в таблицах ниже.

*Свойства исходной дизельной фракции: Фракционный состав (ГОСТ 2177 Метод Б).*

Температура начала кипения	198
10%	215
20%	225
30%	239
40%	256
50%	264
60%	285
70%	297
80%	318
90%	332
95%	351
Температура конца кипения, °С	354
% выхода	97

*Прочие свойства исходной дизельной фракции.*

Вязкость кинематическая (20°С), сСт	5,1
Температура вспышки (закрытый тигель), °С	63
Температура фильтруемости, °С	+6,5



*Свойства обработанной дизельной фракции: Фракционный состав (ГОСТ 2177 Метод Б).*

Температура начала кипения	181
10%	196
20%	211
30%	229
40%	242
50%	257
60%	273
70%	288
80%	305
90%	314
95%	342
Температура конца кипения, °С	369
% выхода	97

*Прочие свойства обработанной дизельной фракции.*

Вязкость кинематическая (20°C), сСт	2,3
Температура вспышки (закрытый тигель), °С	45,1
Температура фильтруемости, °С	-31,5



*Внешний вид исходной и обработанной дизельной фракции при температуре +20°С и минус 38°С*