

# ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР  
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ  
СОБСТВЕННОСТИ

(19) ВУ (11) 20235

(13) С1

(46) 2016.08.30

(51) МПК

В 01J 19/24 (2006.01)

(54)

## РЕАКТОР КАТАЛИТИЧЕСКОГО РИФОРМИНГА

(21) Номер заявки: а 20121662

(22) 2012.11.30

(43) 2014.06.30

(71) Заявитель: Учреждение образования "Гомельский государственный технический университет имени П.О.Сухого" (ВУ)

(72) Автор: Стасенко Дмитрий Леонидович (ВУ)

(73) Патентообладатель: Учреждение образования "Гомельский государственный технический университет имени П.О.Сухого" (ВУ)

(56) US 6773580 В2, 2004.  
RU 2050403 С1, 1995.  
EP 0432364 А1, 1991.  
SU 1606468 А1, 1990.  
DE 3939545 А1, 1991.

(57)

Реактор каталитического риформинга, содержащий корпус с отверстиями для загрузки сырья и выгрузки продукта и отверстиями для загрузки и выгрузки катализатора, установленный в корпусе с зазором полый стакан, включающий внутреннюю и внешнюю стенки, выполненные перфорированными, отличающийся тем, что внутренняя и внешняя стенки полого стакана выполнены в виде сфер, причем центр сферы внутренней стенки стакана смещен по высоте от центра сферы внешней стенки на величину  $e$ , определенную из выражения:

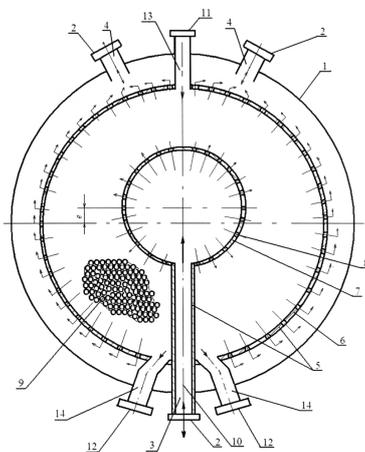
$$e = \xi \frac{\Delta p}{\Delta \rho \cdot g},$$

где  $\xi$  - коэффициент гидравлического сопротивления слоя катализатора;

$\Delta p$  - изменение давления парогазовой смеси по слою катализатора;

$\Delta \rho$  - изменение плотности парогазовой смеси по слою катализатора;

$g$  - ускорение свободного падения.



Фиг. 1

ВУ 20235 С1 2016.08.30

Изобретение относится к области нефтехимии, в частности к реакторам, используемым для получения ароматических углеводородов и высокооктановых бензинов риформингом бензиновых фракций на катализаторах.

Известен реактор для получения высокооктановых бензинов [1]. Его основными конструктивными элементами являются корпус с отверстиями для входа сырья и выхода продукта и загрузки и выгрузки катализатора. В корпусе с образованием зазора коаксиально установлен полый стакан, имеющий внешнюю и внутреннюю стенки цилиндрической формы, содержащие перфорационные отверстия, которые во внутренней стенке стакана могут быть выполнены с переменным шагом, или внутренняя стенка стакана выполнена с переменными площадями внутреннего отверстия с отношением на торцах 1,2/2,5, кроме того, в реакторе установлены заглушки, расположенные с обоих торцов стакана с отверстиями для загрузки и выгрузки катализатора, одна из которых выполнена в форме кольца, а вторая - в форме круга, перекрывающего торец стакана, и имеет перфорационные отверстия для выхода парогазовой смеси.

Основным недостатком указанного реактора является то, что предлагаемая конфигурация реактора не обеспечивает эффективное использование всего объема катализатора для основных реакций, из-за чего создаются зоны с высокой концентрацией коксования. Кроме того, радиальное течение потока парогазовой смеси от периферии к центру или наоборот требует использования технологических зон, заполненных катализатором, не участвующим в основном процессе, что снижает эффективное использование катализатора и появляется вероятность разрушения металла стенок стакана в зонах коксования катализатора.

Данная проблема решается в патенте [2] за счет движущегося слоя катализатора с непрерывной регенерацией. Однако в данных изобретениях также присутствует неэффективное использование катализатора из-за цилиндрической формы реакционной зоны и постоянной перфорации внутренней и внешней стенок стакана.

Наиболее близким по технической сущности к заявляемому решению является реактор [3], содержащий корпус с фланцами, в которых имеются отверстия для входа сырья и выхода продукта (катализата). В корпусе с зазором установлен полый стакан, имеющий внешнюю и внутреннюю стенки, содержащие перфорационные отверстия. Внешняя стенка имеет цилиндрическую форму, а внутренняя стенка может быть выполнена с переменным диаметром, увеличивающимся по направлению оси от отверстий для входа сырья до отверстий для выхода катализата, или конической формы, или ступенчатую в осевом сечении форму и со специальным образом расположенными перфорационными отверстиями. Между стенками стакана расположен катализатор. С обоих торцов стакана установлены заглушки. Одна из них имеет форму кольца и установлена между внутренней поверхностью корпуса и внутренней стенкой стакана со стороны отверстия для входа сырья (парогазовой смеси). Другая заглушка имеет форму круга и установлена с возможностью полного перекрывания торца стакана и перекрывания зазора со стороны отверстия для выхода парогазовой смеси (катализата). Данная заглушка имеет отверстия для загрузки катализатора и перфорационные отверстия для прохождения парогазовой смеси, а корпус реактора имеет фланцы для загрузки и выгрузки катализатора.

Недостатками данного изобретения является то, что предлагаемая конструкция реактора не обеспечивает эффективное использование всего объема катализатора для основных реакций и имеет зоны с высокой концентрацией коксования. Кроме того, радиальное течение потока парогазовой смеси от периферии к центру или наоборот требует создания технологических зон в верхней и нижней частях стакана заполненных катализатором не участвующем в основном процессе, что снижает эффективное использование катализатора и появляется возможность разрушения металла стенок стакана в зонах коксования катализатора, а также есть необходимость периодической остановки производства для восстановления активности катализатора.

Задача, решаемая настоящим изобретением, заключается в создании реактора, позволяющего повысить эффективность использования катализатора, а также увеличить выход катализата с улучшенным его качеством.

Данная задача решается тем, что в известной конструкции реактора каталитического риформинга, содержащего корпус с отверстиями для загрузки сырья и выгрузки продукта и отверстиями для загрузки и выгрузки катализатора, установленный в корпусе с зазором полый стакан, включающий внутреннюю и внешнюю стенки, выполненными перфорированными, между которыми расположен катализатор, внесены такие конструктивные изменения, как внутренняя и внешняя стенки полого стакана выполнены в виде сфер таким образом, чтобы обеспечить равномерное гидродинамическое сопротивление катализатора прохождению парогазовой смеси вдоль всего его слоя с постоянно равномерно увеличивающимся отношением активной площади катализатора к количеству парогазовой смеси. Центр сферы внутренней стенки стакана смещен по высоте от центра сферы внешней стенки на величину  $e$ , определенную из выражения:

$$e = \xi \frac{\Delta p}{\Delta \rho \cdot g},$$

где  $\xi$  - коэффициент гидравлического сопротивления слоя катализатора;  $\Delta p$  - изменение давления парогазовой смеси по слою катализатора;  $\Delta \rho$  - изменение плотности парогазовой смеси по слою катализатора;  $g$  - ускорение свободного падения.

Выполнение в виде сфер внутренней и внешней стенки полого стакана реактора со смещением по высоте центра сферы внутренней стенки стакана от центра внешней стенки обеспечивает повышение эффективности использования катализатора за счет отсутствия технологических застойных зон, позволяет увеличить выход катализата и улучшает его качество за счет обеспечения равномерного гидродинамического сопротивления катализатора прохождению парогазовой смеси вдоль всего его слоя с постоянно равномерно увеличивающимся отношением активной площади катализатора к количеству парогазовой смеси, что влияет на кинетику термохимических реакций проходящих в парогазовой смеси при контакте с катализатором.

Сущность заявляемого устройства поясняется графическими материалами. На фиг. 1 изображен общий вид реактора. На фиг. 2 - вариант формирования полусферы стенки стакана.

Реактор каталитического риформинга содержит корпус 1 с фланцами 2, в которых имеются отверстия 3 для загрузки сырья и отверстия 4 для выгрузки продукта (катализата). В корпусе 1 с образованием зазора соосно установлен полый стакан 5, имеющий внешнюю 6 и внутреннюю 7 стенки, содержащие перфорационные отверстия 8. Внешняя стенка 6 и внутренняя стенка 7 имеют сфероподобную форму, выполненную таким образом, чтобы обеспечить равномерное гидродинамическое сопротивление катализатора 9, расположенного между стенками 6 и 7, прохождению парогазовой смеси вдоль всего его слоя с постоянно равномерно увеличивающимся отношением активной площади катализатора 9 к количеству парогазовой смеси. Центр внутренней стенки 7 стакана 5 выполнен со смещением от центра внешней стенки 6 по высоте и располагается на оси 10 реактора. Величина относительного смещения центров внутренней стенки 7 и внешней стенки 6 стакана 5 вдоль оси 10 реактора определяется из выражения:

$$e = \xi \frac{\Delta p}{\Delta \rho \cdot g},$$

где  $\xi$  - коэффициент гидравлического сопротивления слоя катализатора;

$\Delta p$  - изменение давления парогазовой смеси по слою катализатора;

$\Delta \rho$  - изменение плотности парогазовой смеси по слою катализатора;

$g$  - ускорение свободного падения.

# ВУ 20235 С1 2016.08.30

Реактор имеет фланцы 11 для загрузки и 12 для выгрузки катализатора с отверстиями 13, 14 соответственно. Реактор работает следующим образом.

Открывают люк с фланцем 11 и через отверстие 13 в пространство между стенками 6 и 7 стакана 5 засыпают требуемое количество катализатора 9. Затем для активации катализатора его оксихлорируют. Через реактор по направлению от фланца 2 через отверстие 3 пропускают разогретый водород, который поступает внутрь стакана 5, проходит через перфорационные отверстия 8 внутренней стенки 7, а затем через катализатор 9. Затем водород вместе с пылью и воздухом выходит через перфорационные отверстия 8 стенки 6 в зазор между стаканом 5 и корпусом 1 и покидает реактор через выходные отверстия 4 во фланце 2. При 250 °С в циркулирующий водород начинают добавлять разогретое углеводородное сырье с одновременным повышением температуры на входе до рабочей температуры. Парогазовая смесь проходит через реактор по тому же маршруту, что и разогретый водород, при этом подвергаясь комплексу химических реакций на поверхности катализатора 9. Реактор может работать и с противоположным направлением потоков.

Процесс проводят в первом реакторе при следующих условиях: температура входа смеси водорода с сырьем 480-550 °С, температура выхода смеси на 10-50 °С ниже, давление в реакторе 0,5-5 МПа, кратность циркуляции водородсодержащего газа 800-2000  $\text{нм}^3/\text{нм}^3$ , молярное соотношение количества водорода и количества углеводородсодержащего сырья (4-8) : 1.

Продукт из первого реактора направляют во второй и затем в третий реактор (или третий и четвертый реактора), работающие при аналогичных условиях или с отличающимися температурой и давлением, но с большим отношением активной площади катализатора 9 к количеству парогазовой смеси. Реакторы могут быть выполнены в виде блока реакторов, обеспечивающего непрерывное перемещение катализатора по реакторам под действием давления парогазовой смеси или под собственным весом при их вертикальном расположении, а также со стационарным слоем катализатора. Выбор параметров работы реакторов может быть оптимизирован с учетом химического состава сырья, требований, предъявляемых к катализату и активности катализатора с помощью уравнений кинетики термохимических реакций процесса.

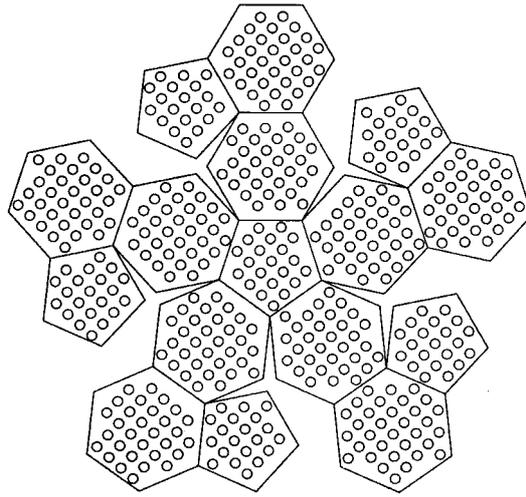
Таким образом, заявляемый реактор каталитического риформинга по сравнению с известным позволяет повысить эффективности использования катализатора за счет отсутствия технологических застойных зон;

увеличить выход продукта и улучшить его качество за счет обеспечения равномерного гидродинамического сопротивления вдоль всего его слоя с постоянно равномерно увеличивающимся отношением активной площади катализатора к количеству парогазовой смеси;

влиять на кинетику термохимических реакций, проходящих в парогазовой смеси при контакте с катализатором за счет подбора геометрии или подбора параметров работы реакторов.

Источники информации:

1. Патент РФ 2050403, МПК С 10G 35/09, 1995.
2. Патент USA 5885442, МПК С 10G 35/04; С 10G 35/085; В 01J 8/02, 1999.
3. Патент USA 6773580, МПК С 10G 35/04; С 10G 35/06, 2004.



Фиг. 2