

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ  
Н.Г.ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра нефтехимии и техногенной безопасности

---

**Модернизация ректификационной колонны процесса каталитического  
крекинга**

---

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

студента (ки) 4 курса 431 группы

направления 18.03.01 «Химическая технология»

код и наименование направления, специальности

Института химии

Нефедова Алексея Михайловича

Научный руководитель

доцент, к.х.н.

должность, уч. ст., уч. зв.

\_\_\_\_\_

подпись, дата

С.Б. Ромаденкина

инициалы, фамилия

Заведующий кафедрой

д.х.н., профессор

должность, уч. ст., уч. зв.

\_\_\_\_\_

подпись, дата

Р.И. Кузьмина

инициалы, фамилия

Саратов 2020 год

## Введение

В настоящее время для нефтяной сферы характерно сокращение добытых и разведанных запасов лёгкой нефти. Нефти, удобной для добычи и переработки с каждым годом становится всё меньше. Практически весь прирост запасов осуществляется за счёт тяжёлой нефти, для которой характерно содержание гетероатомных соединений и повышенная вязкость. Из этого следует, что в ближайшем будущем перерабатываться будет только тяжёлая нефть. Для переработки тяжёлой нефти характерны низкая рентабельность, энергоёмкость и затруднительность процесса.

Постоянное ужесточение требований к качеству и возрастающее потребление автомобильных бензинов приводят к необходимому увеличению мощности и совершенствованию технологических процессов для получения основных компонентов современных автомобильных бензинов.

Особое место среди процессов переработки тяжёлой нефти занимает каталитический крекинг, позволяющий дополнительно получать высокооктановый бензин и жирный газ, содержащий пропан-пропиленовую и бутан-бутиленовую фракцию.

Для решения современных проблем нефтепереработки может быть использован процесс каталитического крекинга. Его основными целями считается получение бензина с высоким значением октанового числа и компоненты дизельного топлива. Также в процессе каталитического крекинга образуется значительное количество газа, содержащим большое количество пропан-пропиленой и бутан-бутиленовой фракциями, которые можно использовать для получения различных эфиров с большим значением октанового числа, алкилатов и других ценных компонентов моторного топлива

Развитие каталитического крекинга связано с расширением сырьевой базы за счёт вовлечения в переработку тяжёлых нефтяных дистиллятов, созданием и усовершенствованием процесса с реакторно-регенераторным блоком и разработкой новых катализаторов.

Целью работы является усовершенствование ректификационной колонны процесса каталитического крекинга за счет внедрения насадочного элемента.

Изобретение относится к устройствам ректификационных колонн для разделения катализата каталитического крекинга и может найти применение в нефтеперерабатывающей и нефтехимической отраслях промышленности.

Цель модернизации – сокращение попадания мелких фракций катализаторной пыли на горизонтальные тарелки и увеличение межремонтного пробега ректификационной колонны.

## Содержание работы

Увеличение объёмов переработки тяжёлой нефти на нефтеперерабатывающих заводах (НПЗ) приводит к росту нагрузки на установки, направленные на увеличение глубины переработки, таких как крекинг, пиролиз и висбрекинг. С утяжелением исходного сырья, поступающего на переработку, увеличивается выход тяжёлых нефтяных фракций и остатков.

Для получения из тяжёлого углеводородного сырья высокооктанового бензина и углеводородных газов используют различные по условиям процессы: пиролиз, коксование и крекинг.

Пиролиз сырья - это термическое разложение органических соединений при недостатке воздуха. Главное назначение этого процесса заключается в производстве низших олефинов, преимущественно этилена, который является ценным сырьём в синтезе нефтехимических продуктов.

В зависимости от назначения процесс может направляться на максимизированный выход этилена, пропилена или бутиленов и бутадиена.

Коксование — процесс переработки жидкого топлива нагреванием без доступа кислорода. При разложении топлива образуется твёрдый продукт — нефтяной кокс и летучие продукты. Коксование позволяет перерабатывать различные виды нефтяного остатка. Продолжительность процесса варьирует от десятков минут до десятков часов.

Среди разновидностей коксования наиболее распространён процесс замедленного коксования, производящий крупный нефтяной кокс. Главным потребителем нефтяного кокса является производство анодной массы для электросталеплавления.

Крекинг — высокотемпературная деструкция нефтяных фракций для получения продуктов, обладающих меньшей молекулярной массой. Реакции крекинга протекают при разрыве связей C—C с образованием свободных радикалов. Вместе с разрывом C—C связей происходят реакции изомеризации, дегидрирования и полимеризации.

Висбрекинг – наиболее мягкая форма термического крекинга, представляет собой процесс неглубокого разложения нефтяных остатков в относительно мягких условиях для снижения вязкости остатков с целью получить из них товарное котельное топливо. Степень превращения сырья в этом процессе минимальная, отбор светлых нефтепродуктов из гудрона не превышает 5—20%, а из мазута — 16-22%. В качестве сырья висбрекинга используется смесь мазута и гудрона. Установка висбрекинга применяется для снижения вязкости остаточных продуктов и дальнейшее использование их в качестве компонента в производстве разных марок топочного мазута.

Гидрокрекинг — один из видов крекинга, осуществляемый с использованием водорода для получения из более тяжёлых углеводородов более лёгкие. Процесс предназначен для получения малосернистых топливных дистиллятов из различных видов сырья. В качестве сырья гидрокрекинга используется широкая линия нефтяных фракций, от бензина до мазута и гудрона. Наиболее распространённое сырьё —вакуумный газойль, из которого получают углеводородный газ, компоненты автобензина, керосина и дизельного топлива.

Для решения современных проблем нефтепереработки может быть использован процесс каталитического крекинга. Его основными целями считается получение бензина с высоким значением октанового числа и компоненты дизельного топлива. Также в процессе каталитического крекинга образуется значительное количество газа, содержащим большое количество пропан-пропиленой и бутан-бутиленовой фракциями, которые можно использовать для получения различных эфиров с большим значением октанового числа, алкилатов и других ценных компонентов моторного топлива. Развитие каталитического крекинга связано с расширением сырьевой базы за счёт вовлечения в переработку тяжёлых нефтяных дистиллятов, созданием и усовершенствованием процесса с реакторно-регенераторным блоком и разработкой новых катализаторов.

По организации процесса установки каталитического крекинга различают:

1. Периодические – реакторы Гудри. Сырьё крекинга проходит через нагретый стационарный слой катализатора. После закоксованности катализатора реактор выводят на регенерацию.

2. Непрерывной регенерации – закоксованный катализатор выводится из реактора в регенератор, где выжигается кокс и возвращается в катализатор. После регенерации температуры катализатора хватает для проведения крекинга, что позволяет проводить процесс непрерывно и без подведения внешнего тепла.

Реакции каталитического крекинга подразделяют на первичные, относящиеся к превращению молекул исходного сырья, и вторичные, в которых участвуют продукты реакции.

Крекинг парафинов приводит к образованию алифатических алифатических углеводородов меньшей молекулярной массы. При крекинге нафтена образуются олефины, если нафтен содержит циклогексановое кольцо, оно обычно не раскрывается. Между двумя ароматическими углеводородами происходит перераспределение алкильной группы. Крекинг олефинов происходит с образованием олефинов меньшей молекулярной массы. При изомеризации олефинов и парафинов образуются изоолефины и изопарафины соответственно.

Основными параметрами каталитического крекинга являются температура, давление, объёмная скорость подачи сырья, кратность циркуляции катализатора, глубина превращения сырья. К нерегулируемым параметрам можно отнести качество сырья и катализатора, тип и конструкцию аппаратов. К регулируемым параметрам относятся температура, время контакта.

Каталитический крекинг протекает при температурах 470–550°C, давлении в отстойной зоне реактора до 0,27 МПа, объёмной скорости подачи сырья в зависимости от установки от 1 до 120 м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup> сырья. Максимальная

объёмная скорость наблюдается в лифт-реакторах – 80-120 м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup> сырья; в системах с кипящим слоем – 1-30 м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup> сырья. При регенерации катализатора температура составляет 600-760°С.

Рост температуры при регенерации стал возможен с применением цеолитсодержащих катализаторов. Повышение температуры необходимо для дожига окиси углерода регенераторе и снижения содержания кокса в катализаторе после регенератора. Давление в отстойной зоне регенератора поддерживают в пределах 0,03-0,27 МПа. Кратность циркуляции катализатора к сырью зависит от вида установки и определяется от 3:1 до 10:1.

Реакции каталитического крекинга в основном протекают на поверхности катализатора. Свойства катализатора, вид сырья и параметры процесса определяют направление реакций. В результате на катализаторе откладывается кокс, что делает необходимой регенерацию катализатора. Для каталитического крекинга применяют алюмосиликатные катализаторы – твёрдые высокопористые вещества с сильно развитой внутренней поверхностью. Крупным шагом развития каталитического крекинга стала разработка цеолитсодержащих катализаторов (алюмосиликатных кристаллических).

Промышленные катализаторы представляют собой в этой связи сложные многокомпонентные системы, состоящие из: матрицы – носителя, активного компонента – цеолита, вспомогательных активных и неактивных добавок.

В связи с утяжелением перерабатываемого сырья, ухудшаются активность и селективность катализаторов каталитического крекинга, понижается стойкость катализаторов к каталитическим ядам, что приводит к снижению выхода бензина и увеличению выхода кокса. Поэтому актуальна задача по разработке новых и модификации существующих катализаторов каталитического крекинга.

Во время работы установки каталитического крекинга катализатор, находясь в системе, постепенно теряет активность и снижается избирательность. Данные процессы получили название – старение катализатора.

Таблица 1 – Материальный баланс установки каталитического крекинга

Приход	% мас.	тыс.т/год	Расход	% мас.	тыс.т/год
Вакуумный газойль	100,0	1000,0	Расход:		
			Углеводородные газы C <sub>1</sub> -C <sub>4</sub>	14,9	149,0
			нк – 100 °С	24,18	241,8
			100 – 180°С	32,33	323,3
			180 – 360 °С	15,33	153,3
			> 360°С	13,26	132,6
Итого	100,0	1000,0		100,0	1000,0

Материальный баланс установки каталитического крекинга представлен в таблице 1.

Сырьем фракционирующей колонны является продуктовый поток из реактора каталитического крекинга с температурой 500°С. В колонне выделяются следующие фракции: газ C<sub>1</sub>-C<sub>4</sub>; легкий бензин нк-100°С; бензин 100-180°С; легкий газойль 180-360°С (компонент дизельного топлива); тяжелый газойль 360-500°С. Число тарелок в колонне принимаем по литературным данным - 40 шт (клапанные); фракцию 100-180°С отбираем с 35-ой тарелки, а фракцию 180-360°С с 23-ей тарелки.

Таблица 2 – Тепловой баланс ректификационной колонны

Поток	Температура, °С	Расход, кг/ч	Энтальпия, кДж/кг	Тепло потока, кВт
Приход				
Продуктовый поток	500	115517	1603,04	51438,43
Острое орошение сверху колонны	40	40263	86,51	967,18
Квенчинг в сырье	200	11340	422	1329,3
ВЦО	45	113256	90,58	2849,64

СЦО	100	98208	199,74	5448,90
НЦО	200	70971	426,32	8398,50
Итого:	—	449555	—	70431,95
Расход				
Пары, уходящие сверху колонны	85	8462185	586,71	13791,1
Фракция 100-180°С	132	36258	287,81	2898,73
Фракция 180-360°С	210	18572	461,59	2381,29
Остаток, уходящий снизу колонны	483	27669	1520,0	9741,18
ВЦО	137	113256	288,64	9080,61
СЦО	215	98208	474,51	12944,63
НЦО	380	70971	932,0	18360,4
Итого:		449555	—	69197,94

Разность между приходом и расходом теплоты в колонне:

$$\Delta Q = Q_{\text{ввод}} - Q_{\text{выв}} = 53734,91 - 28812,3 = 24922,61 \text{ кВт},$$

Избыток тепла в колонне должен сниматься при помощи циркуляционных орошений. Верхнее орошение для фракции 100-180°С, среднее для фракции 180-360°С, нижнее циркуляционное орошение для высококипящей фракции плотностью 0,905, отбираемая с двенадцатой тарелки. Верхнее циркуляционное орошение снимает 25% избыточного тепла, среднее – 30%, нижнее – 45%.

Верхнее орошение отбирается с 34-ой тарелки при 137°С. Состав орошение равен составу фракции 100-180°С. Температура ввода орошения в колонну 45°С.

Среднее орошение, отбирается с 22-ой тарелки с 215°С, состав орошения равен составу фракции 180-360°С. Температура ввода орошения в колонну равна 100°С.

При расчёте диаметра колонны необходимо определить объемный расход паров. Объемный максимальный расход паров образуется в точке ввода сырья в колонну.

Высота колонны рассчитывается исходя из числа тарелок, расстояния между ними, высоты пространства между верхней тарелкой и дном

аппарата, высоты слоя жидкости внизу колонны, расстояния между нижней тарелкой и слоем жидкости. В данном случае на высоту колонны также влияет наличие насадочного элемента.

## **Заключение**

- В результате выполнения работы была изучена работа установки каталитического крекинга
- Изучено влияние модернизации на работу ректификационной колонны
- Составлен материальный баланс установки с применением модернизации.