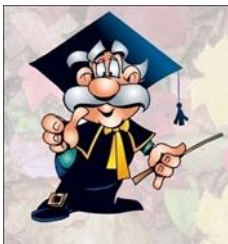


Тема 14. Нефтеперерабатывающие заводы



Представлены основные технологии первичной и вторичной переработки нефти и нефтепродуктов.

Сущность нефтеперерабатывающего производства

Процесс переработки нефти можно разделить на 3 основных этапа:

1. Разделение нефтяного сырья на фракции, различающиеся по интервалам температур кипения (*первичная переработка*) ;
2. Переработка полученных фракций путем химических превращений содержащихся в них углеводородов и выработка компонентов товарных нефтепродуктов (*вторичная переработка*);
3. Смешение компонентов с вовлечением, при необходимости, различных присадок, с получением товарных нефтепродуктов с заданными показателями качества (*товарное производство*).

Продукцией НПЗ являются моторные и котельные топлива, сжиженные газы, различные виды сырья для нефтехимических производств, а также, в зависимости от технологической схемы предприятия - смазочные, гидравлические и иные масла, битумы, нефтяные коксы, парафины. Исходя из набора технологических процессов, на НПЗ может быть получено от 5 до более, чем 40 позиций товарных нефтепродуктов.

Подготовка нефти к переработке (электрообессоливание)

Сырая нефть содержит соли, вызывающие сильную коррозию технологического оборудования. Для их удаления нефть, поступающая из сырьевых емкостей, смешивается с водой, в которой соли растворяются, и поступает на ЭЛОУ - *электрообессоливающую установку* (рис.2). Процесс обессоливания осуществляется в *электродегидраторах* - цилиндрических аппаратах со смонтированными внутри электродами. Под воздействием тока высокого напряжения (25 кВ и более), смесь воды и нефти (эмульсия) разрушается, вода

собирается внизу аппарата и откачивается. Для более эффективного разрушения эмульсии, в сырьё вводятся специальные вещества - *деэмульгаторы*. Температура процесса - 100-120°C.

Первичная переработка нефти

Обессоленная нефть с ЭЛОУ поступает на установку атмосферно-вакуумной перегонки нефти, которая на российских НПЗ обозначается аббревиатурой АВТ - *атмосферно-вакуумная трубчатка*. Такое название обусловлено тем, что нагрев сырья перед разделением его на фракции, осуществляется в змеевиках *трубчатых печей* (рис.6) за счет тепла сжигания топлива и тепла дымовых газов.

АВТ разделена на два блока - *атмосферной и вакуумной перегонки*.

1. Атмосферная перегонка

Атмосферная перегонка (рис. 3,4) предназначена для отбора *светлых нефтяных фракций* - бензиновой, керосиновой и дизельных, выкипающих до 360°C, потенциальный выход которых составляет 45-60% на нефть. Остаток атмосферной перегонки - мазут.

Процесс заключается в разделении нагретой в печи нефти на отдельные фракции в *ректификационной колонне* - цилиндрическом вертикальном аппарате, внутри которого расположены *контактные устройства (тарелки)*, через которые пары движутся вверх, а жидкость - вниз. Ректификационные колонны различных размеров и конфигураций применяются практически на всех установках нефтеперерабатывающего производства, количество тарелок в них варьируется от 20 до 60. Предусматривается подвод тепла в нижнюю часть колонны и отвод тепла с верхней части колонны, в связи с чем температура в аппарате постепенно снижается от низа к верху. В результате сверху колонны отводится бензиновая фракция в виде паров, а пары керосиновой и дизельных фракций конденсируются в соответствующих частях колонны и выводятся, мазут остаётся жидким и откачивается с низа колонны.

2. Вакуумная перегонка

Вакуумная перегонка (рис.3,5,6) предназначена для отбора от мазута *масляных дистиллятов* на НПЗ топливно-масляного профиля, или широкой масляной фракции (*вакуумного газойля*) на НПЗ топливного профиля. Остатком вакуумной перегонки является гудрон.

Необходимость отбора масляных фракций под вакуумом обусловлена тем, что при температуре свыше 380°C начинается термическое разложение углеводородов (*крекинг*), а конец кипения вакуумного газойля - 520°C и более. Поэтому перегонку ведут при остаточном давлении 40-60 мм рт. ст., что позволяет снизить максимальную температуру в аппарате до 360-380°C.

Разряжение в колонне создается при помощи соответствующего оборудования, ключевыми аппаратами являются паровые или жидкостные *эжекторы* (рис.7).

3. Стабилизация и вторичная перегонка бензина

Sergey Chekryzhov, EVM0152 "Kütuste keemia ja tehnoloogia II". Loeng 12.

Получаемая на атмосферном блоке бензиновая фракция содержит газы (в основном пропан и бутан) в объеме, превышающем требования по качеству, и не может использоваться ни в качестве компонента автобензина, ни в качестве товарного прямогонного бензина. Кроме того, процессы нефтепереработки, направленные на повышение октанового числа бензина и производства ароматических углеводородов в качестве сырья используют узкие бензиновые фракции. Этим обусловлено включение в технологическую схему переработки нефти данного процесса (рис.4), при котором от бензиновой фракции отгоняются сжиженные газы, и осуществляется её разгонка на 2-5 узких фракций на соответствующем количестве колонн.

Продукты первичной переработки нефти охлаждаются в *теплообменниках*, в которых отдают тепло поступающему на переработку холодному сырью, за счет чего осуществляется экономия технологического топлива, в *водяных и воздушных холодильниках* и выводятся с производства. Аналогичная схема теплообмена используется и на других установках НПЗ.

Современные установки первичной переработки зачастую являются комбинированными и могут включать в себя вышеперечисленные процессы в различной конфигурации. Мощность таких установок составляет от 3 до 6 млн. тонн по сырой нефти в год.

На заводах сооружается несколько установок первичной переработки во избежание полной остановки завода при выводе одной из установок в ремонт.

Продукты первичной переработки нефти

Наименование	Интервалы кипения (состав)	Где отбирается	Где используется (в порядке приоритета)
Рефлюкс стабилизации	Пропан, бутан, изобутан	Блок стабилизации	Газофракционирование, товарная продукция, технологическое топливо
Стабильный прямогонный бензин (нафта)	н.к.*-180	Вторичная перегонка бензина	Смешение бензина, товарная продукция
Стабильная легкая бензиновая	н.к.-62	Блок стабилизации	Изомеризация, смешение бензина, товарная продукция
Бензольная	62-85	Вторичная перегонка бензина	Производство соответствующих ароматических углеводородов
Толуольная	85-105	Вторичная перегонка бензина	
Ксилольная	105-140	Вторичная перегонка бензина	
Сырьё каталитического	85-180	Вторичная перегонка бензина	Каталитический риформинг

риформинга			
Тяжелая бензиновая	140-180	Вторичная перегонка бензина	Смешение керосина, зимнего дизтоплива, каталитический риформинг
Компонент керосина	180-240	Атмосферная перегонка	Смешение керосина, дизельных топлив
Дизельная	240-360	Атмосферная перегонка	Гидроочистка, смешение дизтоплив, мазутов
Мазут	360-к.к.**	Атмосферная перегонка (остаток)	Вакуумная перегонка, гидрокрекинг, смешение мазутов
Вакуумный газойль	360-520	Вакуумная перегонка	Каталитический крекинг, гидрокрекинг, товарная продукция, смешение мазутов.
Гудрон	520-к.к.	Вакуумная перегонка (остаток)	Коксование, гидрокрекинг, смешение мазутов.

*) - н.к. - начало кипения

**) - к.к. - конец кипения

Вторичная переработка

1. Каталитический риформинг

Каталитический риформинг предназначен для повышения октанового числа прямогонных бензиновых фракций путём химического превращения углеводородов, входящих в их состав, до 92-100 пунктов. Процесс ведётся в присутствии алюмо-платино-рениевого катализатора. Повышение октанового числа происходит за счёт увеличения доли ароматических углеводородов.

Выход высокооктанового компонента составляет 85-90% на исходное сырьё. В качестве побочного продукта образуется водород, который используется на других установках НПЗ, которые будут описаны ниже.

Мощность установок риформинга составляет от 300 до 1000 тыс. тонн и более в год по сырью.

Оптимальным сырьём является тяжёлая бензиновая фракция с интервалами кипения 85-180°C. Сырьё подвергается предварительной *гидроочистке* - удалению сернистых и азотистых соединений, даже в незначительных количествах необратимо отравляющих катализатор риформинга.

Установки риформинга существуют 2-х основных типов - с периодической (рис. 9,10) и непрерывной (рис.11) *регенерацией катализатора* - восстановлением его первоначальной активности, которая снижается в процессе эксплуатации.

Процесс осуществляется при температуре 500-530°C и давлении 18-35 атм (2-3 атм на установках с непрерывной регенерацией). Основные реакции риформинга поглощают существенные количества тепла, поэтому процесс ведется последовательно в 3-4 отдельных реакторах, объемом от 40 до 140 м³, перед каждым из которых продукты подвергаются нагреву в трубчатых печах. Выходящая из последнего реактора смесь отделяется от водорода, углеводородных газов и стабилизируется. Полученный продукт - *стабильный риформат* охлаждается и выводится с установки.

При регенерации осуществляется выжиг образующегося в ходе эксплуатации катализатора кокса с поверхности катализатора с последующим восстановлением водородом и ряд других технологических операций. На установках с непрерывной регенерацией катализатор движется по реакторам, расположенным друг над другом, затем подаётся на блок регенерации, после чего возвращается в процесс.

Каталитический риформинг на некоторых НПЗ используется также в целях производства ароматических углеводородов - сырья для нефтехимической промышленности. Продукты, полученные в результате риформинга узких бензиновых фракций, подвергаются разгонке с получением бензола, толуола и смеси ксилолов (сольвента).

<http://www.ngfr.ru/ngd.html?neft22>

2. Каталитическая изомеризация

Изомеризация также применяется для повышения октанового числа легких бензиновых фракций. Сырьём изомеризации являются легкие бензиновые фракции с концом кипения 62°C или 85°C. Повышение октанового числа достигается за счёт увеличения доли изопарафинов. Процесс осуществляется в одном реакторе при температуре, в зависимости от применяемой технологии, от 160 до 380°C и давлении до 35 атм.

Иногда риформинг и изомеризация объединяются в единый комплекс по производству высокооктановых бензинов.

3. Гидроочистка дистиллятов

Задача процесса - очистка бензиновых, керосиновых и дизельных фракций, а также вакуумного газойля от сернистых и азотсодержащих соединений. На установки гидроочистки могут подаваться дистилляты вторичного происхождения с установок крекинга или коксования, в таком случае идет также гидрирование олефинов. Мощность установок составляет от 600 до 3000 тыс. тонн в год. Водород, необходимый для реакций гидроочистки, поступает с установок риформинга.

Сырьё смешивается с водородсодержащим газом (далее - ВСГ) концентрацией 85-95% об., поступающим с циркуляционных компрессоров, поддерживающих давление в системе. Полученная смесь нагревается в печи до 280-340°C, в зависимости от сырья, затем поступает в реактор. Реакция идет на катализаторах, содержащих никель, кобальт или молибден под давлением до 50 атм. В таких условиях происходит разрушение сернистых и азотсодержащих соединений с образованием сероводорода и аммиака, а также насыщение олефинов. В процессе за счет термического разложения образуется незначительное (1,5-2%) количество низкооктанового бензина, а при гидроочистке вакуумного газойля также образуется 6-8%

дизельной фракции. Продуктовая смесь отводится из реактора, отделяется в сепараторе от избыточного ВСГ, который возвращается на циркуляционный компрессор. Далее отделяются углеводородные газы, и продукт поступает в ректификационную колонну, с низа которой откачивается гидрогенизат - очищенная фракция. Содержание серы, например, в очищенной дизельной фракции, может снизиться с 1,0% до 0,005-0,03%. Газы процесса подвергаются очистке с целью извлечения сероводорода, который поступает на производство серы, или серной кислоты.

4. Каталитический крекинг

Каталитический крекинг - важнейший процесс нефтепереработки, существенно влияющий на эффективность НПЗ в целом. Сущность процесса заключается в разложении углеводородов, входящих в состав сырья (вакуумного газойля) под воздействием температуры в присутствии цеолитсодержащего алюмосиликатного катализатора. Целевой продукт установки КК - высокооктановый компонент бензина с октановым числом 90 пунктов и более, его выход составляет от 50 до 65% в зависимости от используемого сырья, применяемой технологии и режима. Высокое октановое число обусловлено тем, что при каткрекинге происходит также изомеризация. В ходе процесса образуются газы, содержащие пропилен и бутилены, используемые в качестве сырья для нефтехимии и производства высокооктановых компонентов бензина, легкий газойль - компонент дизельных и печных топлив, и тяжелый газойль - сырьё для производства сажи, или компонент мазутов.

Мощность современных установок в среднем - от 1,5 до 2,5 млн тонн.

Ключевым участком установки является *реакторно-регенераторный блок*. В состав блока входит печь нагрева сырья, реактор, в котором непосредственно происходят реакции крекинга, и регенератор катализатора. Назначение регенератора - выжиг кокса, образующегося в ходе крекинга и осаждающегося на поверхности катализатора. Реактор, регенератор и узел ввода сырья связаны трубопроводами (*линиями пневмотранспорта*), по которым циркулирует катализатор.

5. Гидрокрекинг

Гидрокрекинг - процесс, направленный на получение высококачественных керосиновых и дизельных дистиллятов, а также вакуумного газойля путём крекинга углеводородов исходного сырья в присутствии водорода. Одновременно с крекингом происходит очистка продуктов от серы, насыщение олефинов и ароматических соединений, что обуславливает высокие эксплуатационные и экологические характеристики получаемых топлив. Например, содержание серы в дизельном дистилляте гидрокрекинга составляет миллионные доли процента. Получаемая бензиновая фракция имеет невысокое октановое число, её тяжёлая часть может служить сырьём риформинга. Гидрокрекинг также используется в масляном производстве для получения высококачественных основ масел, близких по эксплуатационным характеристикам к синтетическим.

Гамма сырья гидрокрекинга довольно широкая - прямогонный вакуумный газойль, газойли каталитического крекинга и коксования, побочные продукты маслблока, мазут, гудрон. Установки гидрокрекинга, как правило, строятся большой единичной мощности - 3-4 млн. тонн в год по сырью.

Sergey Chekryzhov, EVM0152 "Kütuste keemia ja tehnoloogia II". Loeng 12.

Обычно объёмов водорода, получаемых на установках риформинга, недостаточно для обеспечения гидрокрекинга, поэтому на НПЗ сооружаются отдельные установки по производству водорода путём паровой конверсии углеводородных газов.

Технологические схемы принципиально схожи с установками гидроочистки - сырьё, смешанное с водородосодержащим газом (ВСГ), нагревается в печи, поступает в реактор со слоем катализатора, продукты из реактора отделяются от газов и поступают на ректификацию. Однако, реакции гидрокрекинга протекают с выделением тепла, поэтому технологической схемой предусматривается ввод в зону реакции холодного ВСГ, расходом которого регулируется температура. Гидрокрекинг - один из самых опасных процессов нефтепереработки, при выходе температурного режима из-под контроля, происходит резкий рост температуры, приводящий к взрыву реакторного блока.

Аппаратурное оформление и технологический режим установок гидрокрекинга различаются в зависимости от задач, обусловленных технологической схемой конкретного НПЗ, и используемого сырья.

Источник.

<http://www.ngfr.ru/ngd.html?neft23>