



Е.И. Выбойченко —

первый заместитель
директора
ФГУП «ВНИЦСМВ»,
канд. техн. наук



С.Н. Галимова —

ведущий инженер
отдела стандарти-
зации продукции
нефтеперерабаты-
вающей и нефте-
химической про-
мышленности
ФГУП «ВНИЦСМВ»



А.А. Бражников —

инженер отдела
стандартизации
продукции нефте-
перерабатываю-
щей и нефтехими-
ческой промыш-
ленности ФГУП
«ВНИЦСМВ»

Читайте и узнаете:

- об объемах выбросов вредных веществ в окружающую среду при производстве основных нефтепродуктов;
- какие технологии являются наилучшими доступными для переработки нефти;
- как применение на нефтеперерабатывающих заводах наилучших доступных технологий позволит сократить объемы энергозатрат, вредных выбросов и расхода воды

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

нефть, комбинированная установка атмосферно-вакуумной перегонки нефти, нефтеперерабатывающий завод (НПЗ), наилучшие доступные технологии (НДТ), охрана окружающей среды

НДТ ДЛЯ ПЕРВИЧНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ НЕФТИ

Процессы нефтепереработки сопряжены с выбросами вредных веществ в атмосферу и воду, а также образованием твердых отходов. Применение наилучших доступных технологий (НДТ) на нефтеперерабатывающих заводах позволит значительно сократить негативное влияние на окружающую среду.

В статье перечислены НДТ для комбинированной установки атмосферно-вакуумной перегонки сырой нефти и приведены рекомендации по их внедрению

Нефтеперерабатывающая промышленность играет важную роль в экономике страны (табл. 1 [1], табл. 2 [2]). Основные продукты, которые производятся российскими нефтеперерабатывающими заводами (НПЗ), приведены на рис. 1 [3]. Динамику и себестоимость производства можно оценить, проанализировав диаграммы на рис. 2 и 3 соответственно [1].

НПЗ перерабатывают огромные количества сырья, при этом интенсивно потребляя энергию и воду. Эти процессы сопряжены с выбросами вредных веществ в окружающую среду, а также образованием твердых отходов. На рис. 4 схематично приведены технологические этапы нефтепера-

ботки с указанием потребляемых ресурсов и образующихся загрязняющих веществ. Стоит отметить, что нижние границы указанных на рисунке диапазонов выбросов и потребляемых ресурсов характерны для НПЗ, применяющих передовые с точки зрения охраны окружающей среды технологии [4]. Данные по загрязнению атмосферы при производстве кокса и нефтепродуктов в России приведены на рис. 5 и 6 [1].

ЭТАПЫ ПЕРЕРАБОТКИ НЕФТИ НА НПЗ

Этапы переработки нефти на НПЗ подразделяются на первичные и вторичные. К первичным относят процессы очистки нефти



Рис. 1

Основные продукты переработки нефти

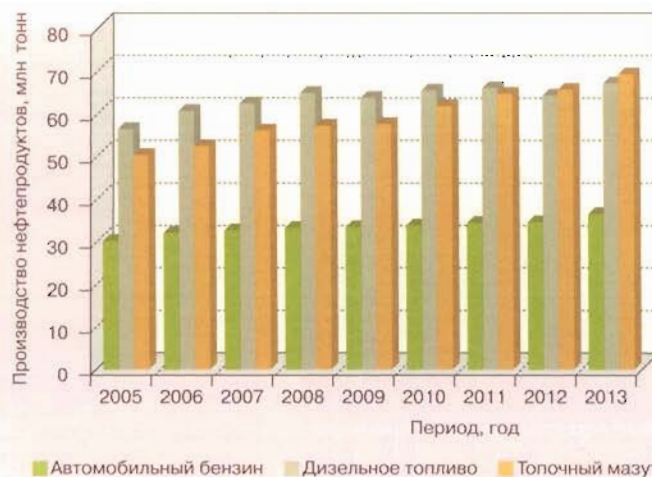


Рис. 2

Производство нефтепродуктов в России

и разделения на фракции, к вторичным – процессы термической и термокаталитической переработки полученных фракций, а также очистки нефтепродуктов и переработки образующихся при вторичных процессах газов.

Нефть, поступающая на НПЗ, проходит дополнительное обезвоживание и обессоливание на установке ЭЛОУ и затем подается в установки атмосферной (АТ) и вакуумной (ВТ) перегонки, где происходит разделение нефти на фракции без изменения их химического состава. В промышленности используют как отдельные установки ЭЛОУ, АТ и ВТ, так и комбинированные (ЭЛОУ-АВТ) с разными технологическими схемами. В последнем варианте блок ЭЛОУ обеспечивает обезвоживание и обессоливание нефти, а блок АВТ – атмосферную и вакуумную перегонку. Принципиальная технологическая схема установки ЭЛОУ-АВТ показана на рис. 7 [5].

Выход продуктов на ЭЛОУ-АВТ зависит от состава сырой нефти. В табл. 3 приведен пример материального баланса установки атмосферно-вакуумной перегонки (в % масс.) при переработке сернистой (I) и малосернистой нефти (II) по

масляному варианту. Как видно из таблицы, из малосернистой нефти можно получить на 40% больше бензиновой фракции и на 20% – дизельной. Выход продуктов зависит также от технологической схемы установки и условий эксплуатации последней. Из одной и той же нефти на разных заводах и даже на одном и том же заводе на разных установках можно получить разное количество товарных продуктов [5].

Блок электрообессоливания Потребление ресурсов

При первичной переработке для обессоливания сырой нефти можно использовать чистую, необработанную или частично обрабо-

танную воду, оставшуюся от других процессов переработки нефти. В табл. 4 приведены типичные рабочие параметры установок электрообессоливания в зависимости от плотности используемой сырой нефти.

После тщательного смешения воды и нефти первую отделяют. Это осуществляют в сепараторе при добавлении деэмульгаторов (5–10 ppm) для разрушения эмульсии и приложении электрического поля высокой напряженности для слипания полярных капель соленой воды. Потребление электроэнергии при обессоливании обычно колеблется от 0,075 до 0,150 кВт · ч на тонну сырой нефти.

Таблица 1
Роль нефти и газа в экономике России

| | Доля в валовой добавленной стоимости, % | Доля в валовом внутреннем продукте, % |
|---|---|---------------------------------------|
| Производство нефтепродуктов; производство кокса | 3,6 | 3,1 |
| Добыча сырой нефти и природного газа | 7,9 | 6,8 |
| Всего | 11,5 | 9,9 |

Таблица 2
Производственные показатели нефтеперерабатывающей промышленности России

| Показатель | 2013 г. | В % к 2012 г. |
|--|---------|---------------|
| Объем добычи нефти, млн т | 522,9 | 101,1 |
| Объем первичной переработки нефти, млн т | 278,2 | 102,7 |

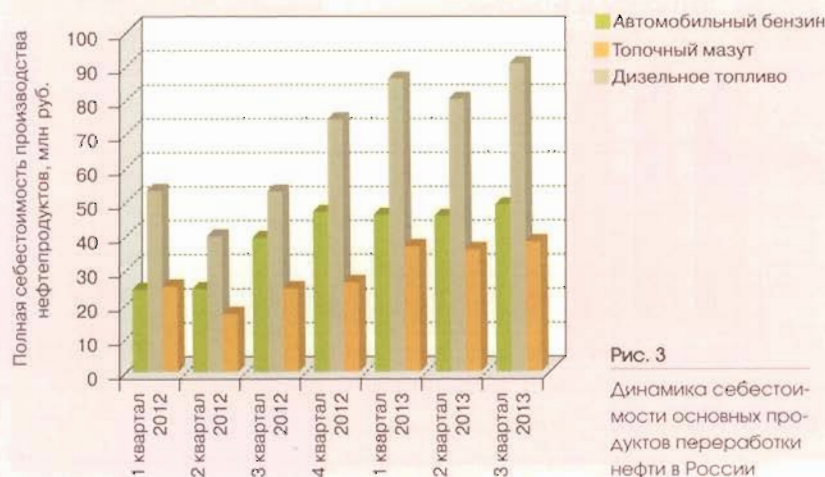


Рис. 3
Динамика себестоимости основных продуктов переработки нефти в России

Выбросы

Выбросы в атмосферу

При обессоливании значительных выбросов в атмосферу не происходит. Их образование возможно при нагревании как результат утечки летучих углеводородов.

Образование твердых отходов

Количество шлама, образующегося при обессоливании, зависит от содержания твердых частиц в сырой нефти, эффективности раз-

деления, применяемого режима и частоты удаления шлама. Обычно установки электрообессоливания очищают два раза в год. В зависимости от производительности и эффективности процесса захвата твердых частиц образуется 60–1500 т нефтешлама в год. Шлам может содержать ржавчину, глину, песок, воду (5–10%), эмульгированную нефть, асфальтено-смолистые парафинистые отложения (20–50%) и металлосодержащие соединения.

Таблица 3
Материальный баланс установки ЭЛОУ-АВТ

| | I | II |
|--|-------|-------|
| Поступило | | |
| Нефть | 100,0 | 100,0 |
| Итого | 100,0 | 100,0 |
| Получено | | |
| Газ (углеводороды C1–C4 вкл.) | 1,0 | 1,1 |
| Бензиновая фракция (н.к.* – 140°C) | 12,2 | 18,5 |
| Керосиновая фракция (140–240°C) | 16,3 | 17,9 |
| Дизельная фракция (240–350°C) | 17,0 | 20,3 |
| Легкий масляный дистиллят (350–400°C) | 7,0 | 8,3 |
| Средний масляный дистиллят (400–450°C) | 8,4 | 7,5 |
| Тяжелый масляный дистиллят (450–490°C) | 6,6 | 5,9 |
| Гудрон (выше 490°C) | 30,8 | 19,8 |
| Потери | 0,7 | 0,7 |
| Итого | 100,0 | 100,0 |

* н.к. — температура начала кипения.

Таблица 4

Типичные рабочие параметры процесса электрообессоливания

| Плотность сырой нефти, кг/м ³ при 15°C | Количество промывочной воды на объем нефти, % об. | Температура нефти, °C |
|---|---|-----------------------|
| < 825 | 3–4 | 115–125 |
| 825–875 | 4–7 | 125–140 |
| > 875 | 7–10 | 140–150 |

Сточные воды

Установки электрообессоливания вносят значительный вклад в образование сточных вод (30–100 л/т обессоленного сырья). В процессе обессоливания образуется нефтешлам и поток сточных вод с температурой 115–150°C (возможно, самый загрязненный поток сточных вод на НПЗ), который направляется в систему обработки сточных вод. Сточные воды содержат значительные количества загрязняющих веществ, которые не могут быть удалены без надлежащей обработки. В табл. 5 приведены возможные диапазоны содержания загрязняющих веществ в сточных водах из установок электрообессоливания.

Блок атмосферной и вакуумной перегонки Потребление ресурсов

Установки атмосферной и вакуумной перегонки являются одними из самых энергопотребляющих на НПЗ, так как весь объем перерабатываемой сырой нефти должен быть нагрет до температуры приблизительно 350°C. В общем потреблении энергии на НПЗ, как правило, доминируют несколько процессов. Потребление энергии установками АТ и ВТ составляет 35–40% от общего потребления энергии. Тепло от потоков продуктов атмосферной и вакуумной перегонки с повышенной температурой используется в последующих процессах. Потребляемые материалы и энергоносители для атмосферной и вакуумной перегонки перечислены в табл. 6.

Выбросы

Выбросы в атмосферу

Источниками потенциальных выбросов в атмосферу являются:

**Переработка
1 т сырой нефти**



Рис. 4

Пример потребляемых ресурсов и образующихся загрязняющих веществ на НПЗ

- дымовые газы, образующиеся при сгорании топлива в трубчатых печах при нагревании нефти;
- клапаны понижения давления в верхней части колонн. Сбросы из сборников дистиллята, расположенных на вершине колонн, направляемые в факельную систему и вентиляционные точки;

- недостаточная герметичность систем верхней части колонн, в том числе барометрических сборников и вентиляционных отверстий;
- сальники и уплотнения насосов, компрессоров и клапанов;
- системы для удаления кокса из технологических печей. Если должным образом не контроли-

- руется температура или процедура нагнетания пара/воздуха, при удалении кокса из печей (один или два раза в год) могут произойти выбросы сажи;
- вентиляция при очистке АВТ;
- легкие газы, выходящие из верхней части конденсаторов на вакуумной колонне. Некоторое

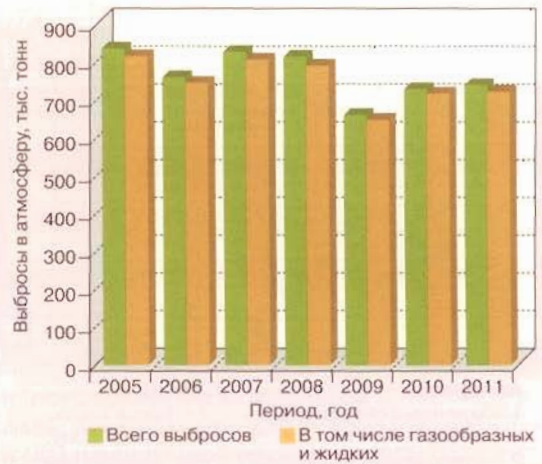


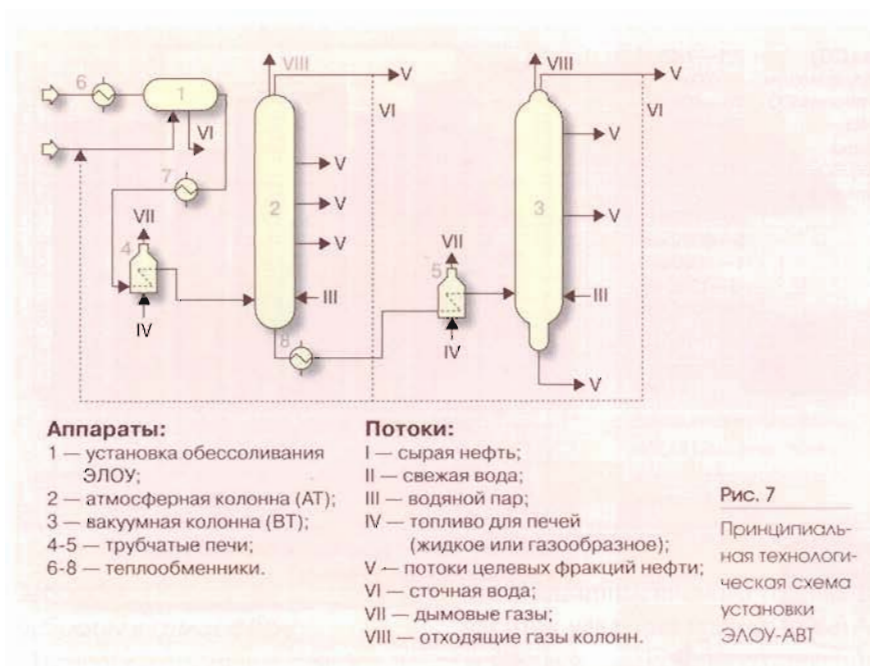
Рис. 5

Выбросы в атмосферу при производстве кокса и нефтепродуктов в России



Рис. 6

Выбросы наиболее распространенных загрязняющих атмосферу веществ при производстве кокса и нефтепродуктов в России



количество неконденсирующихся легких углеводородов и сероводорода проходит через конденсатор в сборник конденсата и затем выпускается в систему кислого топливного газа или направляется в технологические печи, факелы или другие устройства для нейтрализации сероводорода. Количество этих выбросов зависит от размера установки, типа нефти и температуры охлаждающей воды. При использовании в установках вакуумной перегонки барометрических конденсаторов может образовываться значительное количество нефтесодержащих сточных вод. Последние также образуются в установках для фракционирования. Уровень выбросов неконденсирующихся паров (углеводороды и сероводород) из конденсаторов вакуумного эжектора может составлять 50–200 кг/ч в зависимости от конструкции печи, типа нефти и производительности установки. Неконтролируемые выбросы из АВТ составляют 5–190 т/год для

завода с мощностью первичной переработки 8,7 млн т/год.

В табл. 7 приведен пример выбросов в атмосферу (в том числе выбросов, образующихся при сжигании топлива в трубчатых печах) из установок АТ и ВТ европейского завода «TOTAL Mitteldeutschland».

Сточные воды

Объем сточных вод, образующихся на установках АТ, составляет 0,08–0,75 м³ на тонну переработанной нефти. Такие воды содержат нефтепродукты, сероводород, взвешенные твердые частицы, хлориды, меркаптаны, фенол, имеют повышенное значение рН, так как содержат аммиак и гидроксид натрия, используемые для защиты верха колонны от коррозии. Сточные воды образуются в конденсаторах на верху колонны, установках для фракционирования, а также при разливах и утечках. Кроме того во флегмовой емкости на верху колонны образуется 0,5% воды на сырую нефть и 1,5% пара на сырье с со-

держанием сероводорода 10–200 мг/л и аммиака 10–300 мг/л. Сточные воды (кислые воды), как правило, направляются в установки отпаривания/обработки.

Сточные воды (кислые воды) в установках ВТ образуются при подаче технологического пара в печь и вакуумную колонну. Такие воды содержат сероводород, аммиак и растворенные углеводороды. При использовании в установках ВТ паровых эжекторов и барометрических конденсаторов образуются значительные количества сточных вод (± 10 м³/ч), содержащих нефтепродукты, а также же сероводород, аммиак.

Твердые отходы

При переработке нефти в колонне образуются шламы. Их количество зависит от периодичности удаления шлама и начального содержания твердых частиц и воды в сырой нефти. Количество твердых отходов из установки АВТ мощностью 8,7 млн т/год может составлять 6,3–20 т/сутки.

НАИЛУЧШИЕ ДОСТУПНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ УСТАНОВКИ ЭЛОУ-АВТ

Наилучшая доступная технология (НДТ) — технологический процесс, технический метод, основанный на современных достижениях науки и техники, направленный на снижение негативного воздействия хозяйственной деятельности на окружающую среду и имеющий установленный срок практического применения с учетом экономических, технических, экологических и социальных факторов [6–8].

«Наилучшая» означает технологию, наиболее эффективную для выпуска продукции с достижением установленного уровня

Таблица 5

Пример состава сточных вод, образующихся в процессе обессоливания нефти

| Загрязняющее вещество | Типичная концентрация, мг/л |
|--|-----------------------------|
| Взвешенные вещества | 50—100 |
| Растворенные углеводороды | 50—300 |
| Фенолы | 5—30 |
| Бензол | 30—100 |
| Аммиак | 50—100 |
| Соединения азота (азот по Кьельдалю) | 15—20 |
| Сульфиды (в пересчете на H ₂ S) | 10 |

Таблица 6

Количество потребляемых материалов и энергоносителей, необходимое для установок атмосферной (АТ) и вакуумной перегонки (ВТ)

| Установка | Топливо для трубчатых печей, МДж/т нефти | Электроэнергия, кВт · ч/т нефти | Водяной пар, кг/т нефти | Охлаждающая вода, м ³ /т нефти (ΔT = 17°C) |
|-----------|--|---------------------------------|-------------------------|---|
| АТ | 400—680 | 4—6 | 25—30 | 4 |
| ВТ | 400—800 | 1,5—4,5 | 20—60 | 3—5 |

Примечание: Замена паровых эжекторов на вакуумные насосы позволяет снизить потребление пара и количество сточных вод, но увеличивает потребление электроэнергии.

Таблица 7

Примеры выбросов в атмосферу из установок атмосферной (АТ) и вакуумной перегонки (ВТ)

| Установка | Потребление топлива, ГВт · ч/год | Мощность, млн т/год | Выбросы | | | | | |
|-----------|----------------------------------|-----------------------------------|-------------------|-----------------|-----------------|-------|-----------------|-----------------|
| | | | Единица измерения | SO ₂ | NO _x | CO | CO ₂ | Твердые частицы |
| АТ | 1138,8 | 8,5 сырой нефти | мг/м ³ | 35 | 100 | 100 | | 5 |
| | | | т/год | 35,2 | 100,4 | 100,4 | 220927 | 5 |
| | | | кг/т сырья | 0,004 | 0,012 | 0,012 | 26 | 0,001 |
| ВТ | 639,5 | 4,5 остатка атмосферной перегонки | мг/м ³ | 35 | 100 | 100 | | 5 |
| | | | т/год | 19,8 | 56,6 | 56,6 | 182252 | 2,8 |
| | | | кг/т сырья | 0,004 | 0,013 | 0,013 | 41 | 0,001 |

защиты окружающей среды. «Доступная» означает технологию, которая разработана настолько, что может быть применена в конкретной отрасли промышленности при условии подтверждения экономической, технической, экологической и социальной целесообразности ее внедрения. «Доступная» применительно к НДТ означает учет затрат на внедрение технологии и преимуществ ее внедрения, а также что технология может быть внедрена в экономически и технически реализуемых условиях для конкретной отрасли промышленности.

В настоящее время для установок ЭЛОУ-АВТ в качестве НДТ могут быть рассмотрены перечисленные ниже технологии (табл. 9).

БЛОК ЭЛОУ

Методы обессоливания

Надлежащие методы обессоливания включают в себя:

- использование многоступенчатых установок электрообессоливания и комплексное применение электрических полей постоянного и переменного тока, обеспечивающих большую эффективность процесса и экономию энергии;
- повторное использование в многоступенчатых установках электрообессоливания части отработанных вод с последующей ступени установки на предыдущей, что уменьшает объем применяемых промывочных вод;
- предотвращение возникновения турбулентности в резервуарах установки электрообессоливания с помощью подачи воды под низким давлением.

Повышение эффективности установок электрообессоливания способствует уменьшению потребления свежей воды. Применение

более эффективного электрического поля приводит к экономии энергии.

Многоступенчатые процессы способствуют достижению наиболее высоких показателей обессоливания (более 95% солей/твердых частиц удаляется из сырой нефти). Это повышает экономическую целесообразность процесса, так как позволяет установить более жесткие требования к содержанию солей в сырье для последующего этапа переработки, что снижает коррозию колонн и

увеличивает срок службы катализатора.

Повышение степени отделения воды от нефти перед направлением на установку обработки сточных вод

Могут быть применены следующие методы:

- направление сточных вод от установки электрообессоливания в емкость-отстойник для дальнейшего отделения воды от нефти. Нефть может быть непосредственно выделена в системе

Таблица 8

Потребляемые материалы и энергоносители на одну тонну нефти при использовании комбинированной установки атмосферно-вакуумной перегонки (АВТ)

| Потребляемые материалы и энергоносители на одну тонну нефти | Интегрированная установка АВТ |
|--|-------------------------------|
| Топливо, МВт · ч | 107—140 |
| Электроэнергия, кВт · ч | 6,6—8,8 |
| Водяной пар, кг | 10—17 |
| Охлаждающая вода, м ³ ($\Delta T = 15^\circ\text{C}$) | 1,4—2,8 |

Таблица 9

Сводная таблица по НДТ для установки ЭЛОУ-АВТ

| Технология | Положительный эффект от реализации |
|---|--|
| ЭЛОУ | |
| Повторное использование воды и оптимизация процесса обессоливания | Набор надлежащих методов, направленных на повышение эффективности обессоливания и уменьшение потребления свежей воды, например с помощью перемешивающего устройства с малыми сдвиговыми усилиями, подачи воды под низким давлением для предотвращения турбулентности (примером такого устройства может являться узел обессоливания нефти [9]). Методы позволяют управлять ключевыми параметрами промывания (смешивание) и разделения (рН, плотность, вязкость, напряженность электрического поля для слипания капель воды) |
| Многоступенчатая установка электрообессоливания | В многоступенчатых установках электрообессоливания применяется две или более ступени добавления воды/обезвоживания нефти для достижения большей эффективности разделения и, следовательно, уменьшения коррозии в последующих процессах. Кроме того, в многоступенчатых установках электрообессоливания предусматривается повторное использование части отработанных вод с последующей ступени на предыдущей для снижения количества используемой свежей воды, а также сточных вод от других процессов |
| Улучшение отделения воды от нефти и твердых частиц | Улучшенное отделение воды от нефти и твердых частиц предназначено для снижения уноса нефти в установку обработки сточных вод и возврат ее в процесс. Для этого можно применять: <ul style="list-style-type: none"> • емкость-отстойник; • оптимальные регуляторы межфазового уровня; • смачивающие средства для удаления нефти с поверхности твердых частиц; • деэмульгаторы для слипания капель воды; • напорный пластинчатый сепаратор |
| АВТ | |
| Комбинирование установок атмосферной и вакуумной перегонки | Использование комбинированной установки атмосферно-вакуумной перегонки позволяет снизить расходы топлива, электроэнергии и воды |
| Тепловая интеграция установок атмосферной и вакуумной перегонки | Тепловую интеграцию обеспечивают за счет: <ul style="list-style-type: none"> • оптимизации рекуперации тепла; • увеличения количества контуров циркуляционного орошения; • боковых отпарных колонн повторного выкипания с использованием нефтепродуктов в качестве теплоносителя вместо пара; • присадок, предохраняющих нефтепродукты от разложения в линиях и теплообменниках; • современных методов технологического контроля |
| Понижение вакуума в вакуумной колонне | Понижение вакуума, например до 20—25 мм рт. ст., позволяет снизить: <ul style="list-style-type: none"> • температуру на выходе трубчатой печи при сохранении целевой границы отделения вакуумного остатка; • разложение или коксование в трубах печи; • степень крекинга сырья на более легкие продукты; • расход топлива для печи |
| Использование кольцевых вакуумных насосов или поверхностных конденсаторов | Для предотвращения или уменьшения образования сточных вод используют кольцевые вакуумные насосы или поверхностные конденсаторы |
| Отпаривание кислых вод | Для предотвращения или уменьшения загрязнения окружающей среды направляют сточные воды в отпарную колонну |
| Удаление кислых газов | Для уменьшения выбросов в воздух обеспечивают надлежащую обработку отходящих газов, особенно неконденсирующихся, например удаляют кислые газы перед дальнейшим использованием |

Таблица 10

Пример энергозатрат для разных установок перегонки нефти

| Установка | Топливо для трубчатых печей, МДж/т нефти | Электроэнергия, кВт · ч/т нефти | Водяной пар, кг/т нефти | Охлаждающая вода, м ³ /т нефти (ΔT = 17°C) |
|-----------|--|---------------------------------|-------------------------|---|
| АТ | 400—680 | 4—6 | 25—30 | 4 |
| ВТ | 400—800 | 1,5—4,5 | 20—60 | 3—5 |
| АВТ | 385—500 | 6,6—8,8 | 10—17 | 1,5—3,0 |

сбора и переработки некондиционной продукции:

- выбор оптимальных регуляторов межфазового уровня. В зависимости от относительной плотности и типа перерабатываемых нефтей наиболее точными датчиками уровня считают поплавковые приборы, емкостные датчики уровня или радиоволновые детекторы. Точность регуляторов межфазового уровня имеет важное значение для эффективности установок электрообессоливания;
- улучшение процедуры отделения воды от нефти может быть достигнуто использованием смачивающих средств для удаления нефти с поверхности твердых частиц, которые обычно способствуют уносу нефти водой;
- использование нетоксичных, биоразлагаемых, негорючих деэмульгаторов, способствующих слипанию капель воды.

Данные методы повышают степень отделения воды от нефти, уменьшая унос нефти в установки обработки сточных вод и возвращая ее в процесс, а также снижая объемы образования нефтешлама. С применением первого метода в сепараторы направляется приблизительно на 10—20% нефти меньше. Второй метод позволяет отделить приблизительно 5—10% нефти от водной фазы.

Повышение степени отделения твердых частиц от водно-нефтяной эмульсии

Твердые частицы, попадающие в установку АВТ, захватывают большое количество нефти, что приводит к образованию дополнительного количества эмульсии и шлама. Следовательно, количество твердых частиц, удаляемое в установке электрообессоливания,

должно быть максимальным. Таким образом, цель заключается в минимизации количества твердых частиц в сырой нефти после обессоливания. Ряд методов может быть использован для достижения этой задачи:

- использование смесителя с низким усилием сдвига для смешивания промывочной воды и сырой нефти;
- подача воды под низким давлением для предотвращения образования турбулентности;
- отделение водной фазы (суспензии) в напорном пластинчатом сепараторе. Кроме того, может быть использована комбинация из гидроциклонного обессоливателя и гидроциклонной установки удаления нефти;
- оценивание эффективности системы удаления шлама. Удаление шлама является периодической операцией, предназначенной для удаления твердых частиц, скопившихся на дне резервуара. Очистка повышает эффективность установок обессоливания во время нормальной работы, особенно во время длинных циклов.

С применением данных методов уменьшается содержание нефти в образовавшемся шламе и повышается степень разделения водной фазы от шламов. Однако, увеличивается образование шлама в пределах завода. При содержании осадка в сырой нефти 0,015% масс. теоретически может быть получено 1500 т/год шлама

на заводе с мощностью переработки 10 млн т/год.

Повторное использование воды в установках обессоливания

Процесс обессоливания играет важную роль в управлении сточными водами на НПЗ. Вода, используемая в других процессах, может быть повторно применена в установке обессоливания. Например, если отпаренная кислая вода используется в электрообессоливателе в качестве промывочной, аммиак, сульфиды и фенолы, содержащиеся в ней, в некоторой степени могут быть повторно абсорбированы сырой нефтью.

Следующие технологические потоки воды могут быть пригодны для использования в качестве промывочной воды в электрообессоливателе:

- вода, образующаяся в барабане конденсатора на вершине колонны при нагнетании водяного пара (обычно 1—2% масс. от сырья);
- конденсаты пара (неотпаренные) из обезвоживателей легкого и тяжелого газойлей и конденсатора на вершине вакуумной колонны (приблизительно 3,5% масс. от сырья);
- отпаренная кислая вода, а также другие потоки технологической воды, не содержащей твердых частиц. Вода из скрубберов или водяных охладителей загрязнена и требует отделения нефти и твердых частиц перед биообработкой и/или повтор-

ным использованием в обессоливателе. Кислая вода направляется и отпаривается в отпарной колонне для повторного применения и/или окончательной очистки в установках очистки сточных вод.

Таким образом завод может снизить потребление воды и гидравлическую нагрузку на установки очистки сточных вод.

Повторное использование водных потоков, которые могут образовывать эмульсии, следует избегать, так как это может привести к ухудшению отделения воды от нефти в установке электрообессоливания, что в свою очередь будет способствовать чрезмерному уносу нефти водой. Потоки с

эмульсии), другие установки глубокой переработки (нерастворимые сульфиды металлов могут стабилизировать эмульсии) и алкилирования плавиковой кислотой (коррозионно-активные фтористые отложения).

Повторное использование сточных вод из других процессов в качестве промывочной воды в установке электрообессоливания в полной мере применимо на вновь строящихся НПЗ. Сложнее это реализовать на уже существующих: должны быть рассмотрены затраты на сбор, обработку, перекачивание насосом и направление по трубопроводам повторно используемых сточных вод.

ности перегонки арабской легкой нефти 10 млн т в год составляет 1,7–2,0, в то время как комбинированная установка АВТ потребляет только 1,15. Экономия энергии составляет приблизительно 30% и, например, для завода мощностью 9,7 млн т/год находится в диапазоне 50 тыс. т тяжелого топлива по сравнению с использованием обычных методов.

Общее потребление энергии от первичных источников для аравийской легкой нефти или российской экспортной составляет 1,25 т топлива на 100 т нефти, для аравийской тяжелой нефти – 1,15 т топлива на 100 т нефти.

При использовании комбинированной установки АВТ достигается максимальная тепловая интеграция между атмосферной и вакуумной перегонкой. Также это позволяет избежать перегрева легких фракций при их разделении и уменьшает тепловую нагрузку при извлечении тяжелых фракций.

В табл. 8 приведен пример затрат энергоносителей на переработку одной тонны сырой нефти.

При использовании комбинированной установки АВТ достигается снижение расхода топлива и, следовательно, снижение эксплуатационных расходов установок перегонки нефти.

Тепловая интеграция установки атмосферно-вакуумной перегонки

Высокая энергоемкость установок АТ делает очень актуальной тепловую интеграцию с установкой ВТ. Для оптимизации рекуперации тепла от перегонных колонн, как правило, применяют два или три контура циркуляционного орошения в нескольких

Наилучшая доступная технология — технологический процесс, технический метод, основанный на современных достижениях науки и техники, направленный на снижение негативного воздействия хозяйственной деятельности на окружающую среду и имеющий установленный срок практического применения с учетом экономических, технических, экологических и социальных факторов

высоким общим количеством растворенных твердых частиц не следует использовать в качестве промывочной воды в установке электрообессоливания в связи с уменьшением способности к извлечению солей из нефти в воду.

Источниками сточных вод, которые могут образовывать эмульсии в установке электрообессоливания, являются установки: окисления битума, гидрокрекинга, коксования (мелкодисперсные частицы могут стабилизировать

БЛОК АВТ

Комбинированная установка атмосферно-вакуумной перегонки

Технологическая нагрузка печи для мощности перегонки арабской легкой нефти 10 млн т в год составляет около 17,3 МВт·ч/100 т нефти. При использовании комбинированной перегонки она снижается до 10,1. Удельный расход энергии (общее потребление энергии в тоннах условного топлива на 100 т нефти) для мощ-

точках колонн. Можно применять интеграцию АВТ с другими установками. Для этого используют:

- оптимизацию рекуперации тепла за счет применения метода линч-анализа для оценки конструкции всей системы, что обеспечивает экономию энергии;
- увеличение количества контуров циркуляционного орошения атмосферной колонны с двух до четырех;
- боковые отпарные колонны повторного выкипания с нефтяным теплоносителем вместо отгонки паром;
- присадки, предохраняющие нефтепродукты от разложения в линиях и теплообменниках. Присадки, предохраняющие нефтепродукты от разложения, позволяют увеличить продолжительность рабочего цикла теплообменников;
- применение современных методов технологического контроля для оптимизации использования энергии в установке АВТ.

Число боковых потоков в блоке ВТ выбирается так, чтобы максимально использовать тепло потоков продукции с различными температурами (повысить тепловую интеграцию).

В результате достигается снижение энергопотребления (расхода топлива) и связанных с этим выбросов CO_2 в рамках НПЗ.

Использование вакуумных насосов и поверхностных конденсаторов вместо паровых эжекторов

Барометрические конденсаторы на многих НПЗ были в значительной степени заменены на вакуумные насосы и поверхностные конденсаторы для уменьшения потока нефтесодержащих сточных вод. Замена паровых эжекторов на ва-

куумные насосы уменьшает поток кислых вод с 10 до 2 м³/ч. Вакуум может быть создан путем сочетания вакуумных насосов и эжекторов для оптимизации эффективности использования энергии.

Замена паровых эжекторов на вакуумные насосы увеличивает потребление электроэнергии для создания вакуума, но снижает потребление тепла, расход охлаждающей воды, электроэнергии, затрачиваемой на охлаждение насосов, и используемых реактивов для обработки охлаждающей воды. На НПЗ существует много процессов, где избыточный пар может быть восстановлен и использован для создания вакуума. Однако анализ энергопотребления поможет определить эффективность использования избыточного пара для паровой эжекции вместо вакуумных насосов по сравнению с применением избыточного пара для других целей. Надежность обеих систем также должна быть принята во внимание (обычно паровые эжекторы надежнее, чем вакуумные насосы).

Вакуумные насосы могут быть не применимы при модернизации. Для новых установок для достижения глубокого вакуума (10 мм рт. ст.) может быть необходимым использование вакуумных насосов в комбинации с паровыми эжекторами, а также требуется резервный способ создания вакуума в случае отказа насоса.

В настоящее время вакуумные насосы используются чаще, чем эжекторы.

Понижение вакуума в вакуумной колонне

Понижение давления вакуума, например до 20–25 мм рт. ст., позволит снизить температуру на выходе печи при сохранении це-

Из одной и той же нефти на разных заводах и даже на одном и том же заводе на разных установках можно получить разное количество товарных продуктов

левой границы отделения вакуумного остатка.

Применение этого метода приведет к сокращению как энергопотребления, так и объемов загрязнения окружающей среды. Экологические преимущества заключаются в следующем:

- снижение возможности крекинга или коксования в трубах печи;
- снижение крекинга сырья на более легкие продукты;
- снижение теплопроизводительности печи и, следовательно, расхода топлива.

Для образования вакуума необходимы затраты энергии (электроэнергии или пара).

Применимость данного метода обычно ограничена мощностью установки, температурой конденсирующейся жидкости или другими материальными ограничениями.

Обработка неконденсирующихся газов из конденсатора вакуумного эжектора

Неконденсирующиеся газы из конденсаторов на верху вакуумной колонны (примерно 0,14 кг выбросов на 1 м³ сырья вакуумной колонны) могут быть направлены в систему обработки, извлечения легких фракций или систе-

му топливного газа собственной выработки.

Кислые неконденсирующиеся газы из герметичных барометрических насосов вакуумных установок перед сжиганием должны быть обработаны в порядке, соответствующем типу кислого газа (например, с помощью аминовой очистки или других процессов).

Направление отходящих газов вакуумной установки на очистку требует значительных капиталовложений за счет расходов на компрессоры.

Использованная литература

1. Данные Федеральной службы государственной статистики.
2. Аналитический бюллетень «Нефтегазодобывающая и нефтеперерабатывающая промышленность:

Тенденции и прогнозы». Выпуск № 13 «Итоги 2013 года».

3. Гусева Л. «Перекошенные качели» российской нефтехимии // Пластикс. – 2012. – № 12 (118).

4. «Справочник по наилучшим доступным технологиям для переработки нефти и газа», электронная версия <http://eippcb.jrc.es>.

5. Капустин В.М., Рудин М.Г. Химия и технология переработки нефти. – М.: Химия, 2013. – 496 с.

6. Скобелев Д.О., Мезенцева О.В. НДТ – элемент контроля и предотвращения негативного воздействия

на окружающую среду // Контроль качества продукции. – 2014. – № 6. – С. 7–12.

7. Мезенцева О.В., Волосатова М.А. Внедрение НДТ в странах Европейского и Таможенного союза // Контроль качества продукции. – 2014. – № 6. – С. 13–21.

8. Боравский Б.В. Роль и место НДТ в российском нормативном поле // Контроль качества продукции. – 2014. – № 6. – С. 22–24.

9. Патент РФ № 2427410 (B01D 17/04, опубликован 27.08.2011).

[ККП]

РЕЗЮМЕ

Применение на НПЗ НДТ для установки ЭЛОУ-АВТ позволит сократить энергозатраты, расход воды, количество выбросов, а также повысить энергоэффективность процессов переработки нефти (табл. 10).

Уважаемые подписчики!

Если в прошедшем году вы сталкивались с задержками в доставке новых номеров журнала и вам хотелось бы получать свежий выпуск в более короткий срок, предлагаем оформить подписку на электронную версию. В этом случае журнал будет доступен вам уже в первых числах месяца. Подписаться можно как отдельно, так и в дополнение к печатной версии.

Напоминаем, что при оформлении подписки на печатную и электронную версии журнала предоставляется скидка **50%** на электронную версию.

Тел.: (495) 258 8436

