

Министерство образования и науки Российской Федерации  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г.ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра нефтехимии и техногенной безопасности

**Внедрение компрессора подпиточного газа в установку гидроочистки  
Л-24-6**

**АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ**

Студентки 4 курса 431 группы  
направления (специальности) 18.03.01 «Химическая технология»

Института химии

Кликушиной Татьяны Игоревны

Научный руководитель

доцент, к.х.н

должность, уч. степень, уч. звание

\_\_\_\_\_

дата, подпись

С.Б. Ромаденкина

инициалы, фамилия

Заведующий кафедрой

д.х.н., профессор

должность, уч. степень, уч. звание

\_\_\_\_\_

дата, подпись

Р.И. Кузьмина

инициалы, фамилия

Саратов 2019

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время перед нефтеперерабатывающей промышленностью поставлены основные задачи – увеличение объема производства нефтепродуктов и расширение ассортимента готовой продукции, а также улучшение их качества.

Решение этих задач при условии непрерывно возрастающей доли переработки сернистых и высокосернистых, а за последние несколько лет и высокопарафиновых нефтей, показало необходимость в изменении технологии переработки нефти. Ежегодно в мире сжигается вместе с нефтепродуктами около  $4 \cdot 10^7$  т серы, что в перерасчете на продукты сгорания составляет примерно  $8 \cdot 10^7$  т диоксида серы или  $1,2 \cdot 10^8$  т серной кислоты. Все это несомненно приводит к выпадению «кислотных дождей» и, как следствие, к росту заболеваемости населения. Более того, сернистые соединения, которые присутствуют в нефтепродуктах, резко ухудшают эксплуатационные качества топлив и масел, вызывают коррозию аппаратуры, снижают активность антидетонаторов и антиокислительную стабильность топлива, повышают склонность к смолообразованию крекинг-бензинов [1].

В современном мире достаточно большое количество машин работают на дизельном топливе. Соответственно, требуется все большее количество ДТ высокого качества. В результате чего происходит широкое вовлечение в переработку средних фракций нефти, что невозможно без дальнейшего усовершенствования таких процессов, как гидроочистка и гидрокрекинг. Все эти процессы переработки имеют особую важность в России, потому что наша страна вынуждена иметь дело преимущественно с сернистыми и высокосернистыми тяжелыми сортами нефти и фракциями.

Гидроочистка нефтяных дистиллятов на данный момент является одним из наиболее распространенных процессов. Основной ее целью является уменьшение содержания соединений серы, азота и металлоорганических соединений из нефти.

При гидроочистке происходит разложение органических веществ, которые содержат серу и азот, под давлением водорода на катализаторах. Эти соединения реагируют с водородом, который циркулирует в системе в составе ВСГ, с образованием простых соединений – сероводорода и аммиака. При нагревании сероводород выделяется из нефтепродукта, так как в обычных условиях находится в газообразном состоянии. Далее сероводород поглощают в специальных колоннах орошения и после этого подвергают переработке и превращают либо в элементарную серу, либо в концентрированную серную кислоту [2].

Промышленные процессы основаны на контактировании нефтяных дистиллятов с активными катализаторами, в основном алюмокобальтмолибденовыми и алюмоникельмолибденовыми. Процесс протекает в условиях, при которых 95-99вес.% исходного сырья превращается в очищенный продукт (гидрогенизат). Одновременно образуется незначительное количество бензина. Катализатор периодически регенерируют. При давлении 3-6 МПа и температуре 340-430 °С содержание серы, особенно в светлых нефтепродуктах, можно таким образом свести до тысячных долей [3].

Целью данной работы является рассмотрение возможного пути увеличения производительности установки гидроочистки Л-24-6 с 1,8 млн т/год до 2,2 млн т/год по средствам расчета и внедрения компрессоров подпиточного газа. Данная модификация позволит увеличить расход свежего водородсодержащего газа, что в свою очередь дает возможность увеличения расхода сырьевой дизельной фракции. При этом сохраняется весьма низкое содержание остаточной серы в размере не более 10 ppm.

В первой главе приведен литературный обзор, где рассказывается о процессе гидроочистки и о том, какие компрессоры для подачи ВСГ могут использоваться и их сравнение.

По принципу действия различают поршневые (объемные) компрессоры и турбокомпрессоры (центробежные) [4].

Поршневые компрессоры: на установках старого типа с целью сжатия газа применялись только поршневые компрессоры, что объясняется невысокой мощностью установок.

Цилиндр компрессора, закрытый с обеих сторон крышками, имеет две полости. В стенках цилиндра в специальных коробах расположены всасывающий и нагнетательный клапаны [5].

Компрессор обычно подключается к системе трубопроводов, на которых установлены запорные регулирующие и другие устройства [6].

Периодические остановки компрессора возможны лишь при длительном снижении потребления газа. Очень часто отключение машины приводит к чрезмерному перегреву электропривода и выход из строя [7].

В ряде технологических установок, где применяются поршневые компрессоры, условия ведения процесса требуют различной кратности циркуляции газа для разных видов сырья. Изменение производительности поршневого компрессора в настоящее время достигается либо байпасированием части газа, либо снижением давления на всасывающей линии компрессора., что неэкономично [8].

При сжатии газа температура его повышается, так как компрессорные смазочные масла имеют температуру вспышки 493-533 К. Электрические разряды невысокого потенциала, возникающие в проточной части компрессоров, могут вызвать возгорание нагара и затем при достаточной концентрации масляных паров в воздухе взрыв компрессора. Это ограничивает степень повышения давления в одном цилиндре компрессора [9].

Центробежные компрессоры: в турбокомпрессорах сжатие происходит вследствие и пользования сил инерции потока газа. На первом этапе газу сообщается кинетическая энергия (например, вращающимся лопаточным аппаратом), а на втором — поток газа тормозится и его кинетическая энергия преобразуется в потенциальную. Оба этапа могут совершаться одновременно [10].

Газу, находящемуся между лопатками, при вращении рабочего колеса сообщается вращательное движение, в результате которого газ под действием центробежной силы движется к периферии колеса. После этого газ попадает в диффузор, площадь которого увеличивается за счет большего радиуса, скорость газа при этом уменьшается, а давление растет [11].

Характеристики компрессоров имеют особенности, обусловленные сжимаемостью газа (воздуха). Важнейшей из них является граница помпажа, при котором подача машины уменьшается до нуля, а затем резко переходит в рабочий режим. Для предотвращения помпажа применяют противопомпажные клапаны, устанавливаемые на нагнетательном трубопроводе непосредственно за компрессором [12].

Центробежные компрессоры выполняются с большим разнообразием схем и конструкций проточной части, отдельных узлов деталей. Их изготавливают одноступенчатыми и многоступенчатыми. Для достижения требуемого конечного давления часто применяются многоступенчатые компрессоры. В современных центробежных компрессорах в зависимости от требуемого конечного давления в одном корпусе размещают 6 ступеней. Многоступенчатые центробежные компрессоры могут иметь промежуточные теплообменники (охладители) [13].

Регулирование параметров компрессора производят следующими способами: изменением частоты вращения вала; закруткой потока перед рабочим колесом; дросселированием потока на всасывании или нагнетании [14].

Регулирование дросселированием потока — весьма простой способ изменения параметров. Дроссель устанавливают за компрессором или перед ним на различных расстояниях. Если дроссель находится на значительном расстоянии от компрессора, то его следует считать элементом сети, а изменение параметров машины — результатом работы ее на сеть с более крутой характеристикой [15].

Сравнение поршневого компрессора и турбокомпрессора: за последние годы из-за резкого роста мощностей химических установок очень широкое распространение получили центробежные компрессоры. Однако, выбор машины зависит от многих параметров.

Для различных типов компрессоров с ростом номинальной производительности увеличивается изотермический коэффициент полезного действия. При этом удельная масса (отношение собственной массы компрессора в килограммах к его производительности) у поршневых компрессоров возрастает с увеличением производительности, а у центробежных наоборот — падает [16].

По сравнению с поршневыми машинами турбокомпрессоры имеют ряд преимуществ: они не имеют возвратно-поступательно движущихся частей, поэтому у них спокойный ход и нет тяжелого фундамента, который необходим для достаточно больших поршневых компрессоров. Ротор вращается с постоянной скоростью, а движущиеся детали соприкасаются с неподвижными только в подшипниках. Турбокомпрессоры можно непосредственно соединять с такими двигателями, с паровыми или газовыми турбинами [17].

Благодаря простоте обслуживания снижаются эксплуатационные затраты. Смазка в этих компрессорах расходуется мало, смазываются только подшипники и редукторы, так же она не соприкасается с компримируемым газом и не загрязняет его.

В поршневых компрессорах проблема достижения высоких давлений не возникает, однако, с повышением производительности увеличиваются размеры поршней и прочих деталей. Это приводит к увеличению массы и силы инерции возвратно-поступательно движущихся частей машины. По этой причине поршневые машины с большой производительностью проектируют с низкими скоростями вращения вала. Что касается центробежных компрессоров, с увеличением производительности не возникает проблем ни при конструировании, ни при изготовлении.

Во второй главе представлены технологические расчеты, в которых определены физико-химические параметры сырья (плотность, средняя молекулярная масса, содержание серы и непредельных УВ) и расход водорода на процесс гидроочистки, который составил 15598,2 н м<sup>3</sup>/ч.

В третьей главе представлены конструктивные расчеты параметров центробежного компрессора: рабочего колеса, безлопаточного диффузора, выходных устройств, всасывающего и нагнетательного патрубков. На основании расчетов были разработаны чертежи центробежного компрессора.

В четвертой главе представлены экономические расчеты, в которых был определен срок окупаемости внедрения компрессора в установку и прибыль от данной модернизации. Срок окупаемости составил 1 год, а прибыль 4500000 руб/год.

## ВЫВОДЫ

1. Рассчитаны центробежные компрессоры подпиточного водородсодержащего газа производительностью 15600 н м<sup>3</sup>/ч.
2. Увеличена производительность установки гидроочистки Л-24-6 с 1,8 млн т/год до 2,2 млн т/год за счет внедрения компрессора подпиточного газа.
3. Возможность получения дизельного топлива с содержанием серы 10 ppm.
4. Рассчитан срок окупаемости проекта, который составляет 1 год при общей сумме капиталовложений 4 млн. руб.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Пластинин, П. И. Поршневые компрессоры : Том 1. Теория и расчет / П. И. Пластинин. – М. : КолосС, 2006. – 456 с.
- 2 Жуховицкий, Д. Л. Расчет поршневого компрессора / Д. Л. Жуховицкий. – Ульяновск : УлГТУ, 2001. – 14 с.
- 3 Фотин, Б. С. Поршневые компрессоры : учебное пособие / Б. С. Фотин, И. Б. Пирумов, И. К. Прилуцкий и др. – Л. : Машиностроение. Ленинград. отделение, 1987. – 372 с.
- 4 Щербин, С. А. Машины для нагнетания жидкостей и газов : учебное пособие / С. А. Щербин, И. А. Семёнов, Н. А. Щербина. – Ангарск : АГТА, 2009. – 55 с.
- 5 Биргер, И. А. Авиационные поршневые двигатели / И. А. Биргер. - М.: ЁЁ Медиа, 2012. - 403 с.
- 6 Конкс, Г. А. Современные подходы к конструированию поршневых двигателей / Г. А. Конкс, В. А. Лашко. – Москва: Наука, 2009. - 390 с.
- 7 Эккерт, Б. Осевые и центробежные компрессоры / Б. Эккерт. - М.: Государственное научно-техническое издательство машиностроительной литературы, 2007. - 680 с.
- 8 Хак, Г. Турбодвигатели и компрессоры: Справочное пособие / Г. Хак, Лангкабель. – Москва: Мир, 2007. - 352 с.
- 9 Черкасский, В. М. Насосы, вентиляторы, компрессоры / В. М. Черкасский. - М.: Книга по Требованию, 2012. - 416 с.
- 10 Хисамеев, И. Г. Проектирование и эксплуатация промышленных центробежных компрессоров / И. Г. Хисамаев, В. А. Максимов, Г. С. Баткис, Я. З. Гузельбаев. – Казань : ФЭН, 2010. - 671 с.
- 11 Ваняшов, А. Д. Учебное пособие для курсового проектирования - Расчет и конструирование центробежных компрессорных машин : учебное пособие / А. Д. Ваняшов, Г. Г. Кустиков. – Омск: ОмГТУ, 2005. - 208 с.
- 12 Фалалеев, С. В. Проектирование ступени центробежного компрессора с использованием параметрического моделирования : учебное пособие / С. В.

Фалалеев, М.Клусачек. — Самара:Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2010.  
— 77 с.

13 Глазырина, В.М. Гидромашины и компрессоры / В. М. Глазырина, Л.Г. Колпаков. - Уфа: УГНТУ, 1999. - 101 с.

14 Стрижак, Л.Я. Фундаменты под компрессоры : учебное пособие / Л. Я. Стрижак. - СПб.:СПбГПИ, 2010. - 29 с.

15 Кондрашева, Н. К. Технологические расчеты и теория процесса гидроочистки : учебное пособие / Н. К. Кондрашева, Д. О. Кондрашев. – Уфа : ООО «Монография», 2008. – 106 с.

16 Федоров, В. И. Анализ работы блока стабилизации установки гидроочистки / В. И. Федоров, Н. В. Лисицин. – СПб. :СПбГТИ (ТУ), 2007. – 13 с.

17 Новый справочник химика и технолога. Сырье и продукты промышленности органических и неорганических веществ. В 2ч. Ч 1. / под общ.ред. Ю.В. Поконовой, В. И. Стархова. – СПб. : АНО НПО «Мир и Семья», 2002. – 998 с.