

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

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

Кафедра нефтехимии и техногенной безопасности

**Анализ безопасного ведения процесса гидроочистки**

**АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ**

студента (ки) 4 курса 441 группы  
направления 20.03.01 «Техносферная безопасность»  
код и наименование направления, специальности  
Института химии

Мерзловой Лилии Александровны

Научный руководитель

доцент, к.т.н.  
должность, уч. ст., уч. зв.

\_\_\_\_\_   
подпись, дата

Е.С. Свешникова  
инициалы, фамилия

Заведующий кафедрой

д.х.н., профессор  
должность, уч. ст., уч. зв.

\_\_\_\_\_   
подпись, дата

Р.И. Кузьмина  
инициалы, фамилия

Саратов 2023

## ВВЕДЕНИЕ

Гидроочистка является наиболее распространенным и удобным методом обработки сырья для каталитических процессов, таких как риформинг, крекинг и гидрокрекинг.

Гидроочистка является одним из наиболее важных и широко распространенных процессов нефтеперерабатывающих заводов по подготовке сырья. Обеспечение безопасности объекта является актуальной проблемой, так как от нее зависит общая работа производства.

В процессе гидроочистки используются высокие давления и токсичные химические растворы, которые при неверном использовании могут привести к серьезным последствиям: отравлениям, химическим ожогам и авариям.

Установка гидроочистки представляет собой объект повышенной взрыво- и пожароопасности. На данном объекте функционируют технологические устройства, а также транспортные системы, работающие с сжиженными газами и легковоспламеняющимися жидкостями. В случае аварии возможны выбросы опасных газов и паров, которые могут привести к разрушению конструкций и инженерных коммуникаций, а также отравлению людей высвобожденными воздушными компонентами.

Целью работы является анализ уровня безопасности ведения процесса гидроочистки.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Рассмотреть технологию процесса гидроочистки и выявить возможные опасности, которые могут возникнуть на установке;
2. Проанализировать возможные сценарии аварийных ситуаций на установке гидроочистки;
3. Рассчитать основные параметры змеевика для оценки возможного возникновения аварийной ситуации.

Структура и объем работы. Бакалаврская работа изложена на 64 страницах, состоит из введения, пяти разделов и заключения. Список использованных источников включает 29 наименования. Текст сопровождается 4 таблицами и 11 рисунками.

### **Технология получения продукта гидроочистки**

Для понимания процесса рассмотрим технологическую схему процесса гидроочистки.

Циркуляционный водородсодержащий газ смешивается с дизельной углеводородной фракцией в смесителе 1, затем нагревается в сырьевых теплообменниках трубчатой печи 2 до температуры 350-400°C и поступает в реактор 3 (рисунок 1). На алюмокобальтмолибденовых, алюмоникельмолибденовых катализаторах осуществляется гидроочистка. После гидроочистки на катализаторе продуктовая смесь, содержащая ВСГ ( $H_2S$ ,  $NH_3$ ,  $H_2O$ ) охлаждается в холодильнике 4 до 210-230°C и направляется на сепарацию сначала в сепаратор горячий (№5), а затем после теплообменника 7 в сепаратор 6 холодный, где происходит конденсация компонентов продуктовой смеси в сепараторе 6 отделяется  $H_2$  содержащийся в углеводородной смеси. ВСГ из сепаратора 6 направляется в абсорбер 9, где очищается МЭА-ом от сероводорода (как и от аммиака, влаги,  $CO$ ) направляется опять на смешивание с сырьём в смеситель 1. По мере насыщения МЭА-ом  $H_2S$  возникает необходимость его регенерации, т.е. удаление  $H_2S$  из МЭА. Продукт гидроочистки (гидрогенизат) из сепаратора 6 через теплообменник 8 направляется в стабилизационную колонну 10, где продувочным газом отдуваются углеводородные газы и бензин (отгон). Часть бензина возвращается на орошение колонны, гидрогенизат отводится через холодильник 11 из нижней части колонны. Углеводородные газы направляются на очистку в 12-13.

**Возможные опасности при получении продукта на установке гидроочистки**

В качестве сырья на установке используются прямогонная дизельная фракция. Готовым продуктом установки гидроочистки является очищенное от сернистых соединений дизельное топливо, которое является пожаро-, взрывоопасным продуктом и обладает токсичными свойствами. ПДК паров дизельного топлива в воздухе производственных помещений равняется  $300 \text{ мг/м}^3$ .

Температура вспышки дизельного топлива от  $38^{\circ}\text{C}$  до  $110^{\circ}\text{C}$ . При содержании паров дизельного топлива в воздухе производственных помещений выше ПДК возможно отравление работающих.

Пары дизельного топлива на организм человека действуют как наркотик, поражают центральную нервную систему, вызывают острые и хронические отравления.

Помимо дизельного топлива на установке вырабатывается углеводородный газ и сероводород. Углеводородный газ используется на установке в качестве топлива, он является взрыво- и пожароопасным продуктом.

Действие углеводородного газа на организм человека аналогично действию паров дизельного топлива. ПДК углеводородного газа  $300 \text{ мг/м}^3$ .

Сероводород, получаемый на установке, бесцветный, ядовитый, горючий газ, тяжелее воздуха, 98% концентрации. При содержании в воздухе в небольших концентрациях имеет запах тухлых яиц. При больших концентрациях запах его не ощутим, так как обоняние мгновенно притупляется. ПДК в воздухе рабочих помещений -  $10 \text{ мг/м}^3$ .

Вредное действие сероводорода в смеси с легкими углеводородами усиливается, и ПДК в смеси с углеводородами  $3 \text{ мг/м}^3$ . При тяжелых отравлениях у пострадавшего наблюдается посинение губ, головная боль, рвота, повышение сердцебиения, потеря сознания. Сероводород взрывоопасен.

При концентрации сероводорода в воздухе производственных помещений от 4,3 % до 46 % объемных (об.) и при наличии источников загорания происходит взрыв.

## **Опасности производства, обусловленные технологическим процессом и выполнением отдельных производственных операций**

Соблюдение и контроль параметров в определенных интервалах является особенно важным на производстве, так как даже малейшее изменение может привести к аварийной ситуации. Например, достижение давления ниже 1,3 кгс/см<sup>2</sup> и температуры выше 900°С хотя бы на единицу ведет к прогару змеевика.

Процесс гидроочистки протекает в герметично закрытой аппаратуре и трубопроводах под давлением 30-40 кгс/см<sup>2</sup> и температурой до 420 °С протекают химические реакции в среде водородсодержащего газа.

Нарушение норм технологического режима при протекании технологического процесса может привести к разогреву стенок реакторов свыше допустимой температуры, закоксовыванию и спеканию слоя катализатора, что ведет к резкому повышению давления в системе, возможной разгерметизации трубопроводов и аппаратов, срабатыванию предохранительных клапанов на компрессорах в атмосферу.

### **Износ трубчатых змеевиков**

От рабочего состояния и долговечности трубчатых змеевиков зависит продолжительность непрерывной работы печи, а в большинстве случаев и технологической установки в целом. Поэтому выявлению причин прогорания трубчатых змеевиков следует уделять особенно большое внимание. Печные трубы подвержены двухстороннему воздействию высоких температур: изнутри – от нагреваемого сырья, снаружи – от топочных газов и излучающих поверхностей. Износу подвержены как внутренние, так и наружные поверхности труб. Износ поверхностей и причины, вызывающие его, могут быть различными.

Износ внутренних поверхностей труб происходит в результате коррозии под действием агрессивных включений, содержащихся в сырье, а также эрозии потоком сырья. Коррозия внутренних поверхностей змеевиков

нефтеперерабатывающих установок вызывается хлористыми солями, серой и нафтеновыми кислотами, присутствующими в нагреваемых средах.

### **Требования промышленной безопасности**

Документация по промышленной безопасности является крайне важным аспектом в процессе обеспечения безопасности на производстве. Она позволяет оценить риски, предотвратить происшествия и минимизировать их последствия, а также защитить работников. Без этой документации невозможно обосновать соблюдение норм и правил промышленной безопасности перед контролирующими органами или в случае судебных разбирательств. Поэтому, разработка и ведение документации по промышленной безопасности – это правильный подход к управлению рисками и обеспечение безопасности на производстве, о чем и говорится в Федеральном законе «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» №116 – ФЗ от 21.07.1997.

### **Средства индивидуальной защиты, используемы при работе на установке гидроочистки**

На установке гидроочистки рабочие сталкиваются с рядом опасных веществ и в целях безопасности должны использоваться средства индивидуальной защиты, такие как специальный костюм, очки, обувь, нефтемаслостойкие перчатки, средства индивидуальной защиты дыхания.

### **Средства коллективной защиты, используемые при работе на установке гидроочистки**

Средства коллективной защиты должны создавать наиболее благоприятные для организма человека соотношения с окружающей внешней средой и обеспечить оптимальные условия для трудовой деятельности.

Средства коллективной защиты не должны быть источником опасных и вредных производственных факторов.

Средства коллективной защиты на секции в зависимости от назначения делятся на следующие классы:

- средства нормализации воздушной среды и освещения рабочих мест;

- средства от поражения электрическим током, от шума, от статического электричества, от высоких и низких температур окружающей среды и от воздействия химических факторов.

К средствам нормализации воздушной среды производственных помещений и рабочих мест относятся:

- устройства для вентиляции воздуха;
- устройства для отопления;
- устройства автоматического контроля и сигнализации.

К устройствам автоматического контроля и сигнализации относятся приборы для измерения содержания углеводородных газов в воздухе около оборудования в местах возможного выделения углеводородов и сероводорода.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В ходе проведенного анализа обеспечения безопасности на установке гидроочистки была рассмотрена технология процесса и выявлены возможные опасности, которые могут возникнуть на установке.

1. При шуровке печей возможен розлив нефтепродуктов и утечек газа.
2. При нарушении технологии отмывки от горючих блоков высокого давления возможно образование взрывоопасных концентраций и разгерметизации технологического оборудования.
3. При нарушении режима технологических параметров возможна деформация и разгерметизация трубопроводов, змеевиков печей, фланцевых соединений и других элементов, что может привести к взрыву и пожару.

Одной из наиболее часто встречающихся проблем является прогар змеевиков трубчатой печи. Поэтому существует необходимость произвести расчет основных параметров змеевика для того, чтобы определить время его безаварийной работы в процессе гидроочистки, так как это является актуальной проблемой. По проведенному расчету согласно техническому регламенту змеевик имеет надежность на период 6 лет, но каждый год необходимо производить проверки на коррозионно-эрозионный износ.

Постоянный мониторинг технологического оборудования, вентиляционных систем и средств пожаротушения на производстве является, несомненно, важным аспектом, который имеет влияние на безопасность ведения процесса и его эффективность.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Алиев Р.Р., Елшин Н.А. Стратегия усовершенствования процесса гидроочистки нефтяных фракций // Нефтепереработка и нефтехимия. 2015. № 4. С. 8-10.
2. Ахметов С.А. Технология глубокой переработки нефти и газа. Учебное пособие для вузов. Уфа: Гилем, 2002. 672 с.
3. Guslyakova G.P., Zhbannikov S.I., Pachurin G.V. Fatigue failure resistance of deformed structural steels // Materials Science. -1993. –Т. 28. -№ 2. –Р. 182-185.
4. Гришин Д.Ф., Зинина Н.Д. Экологически чистые дизельные топлива с низким и ультранизким содержанием серы и присадки к ним (обзор)// Журнал прикладной химии. 2015. Т. 88. Вып. 7. С. 1013-1029.
5. Воробьева А.С. Анализ аварийных ситуаций на установках гидроочистки дизельного топлива в России // Инновационная наука. – 2016. - № 4-3. – С. 36-38.
6. Федеральный закон:«О промышленной безопасности опасных производственных объектов» (с изменениями на 11 июня 2021 года) (редакция, действующая с 1 июля 2021 года)// №116-ФЗ// 21 июля 1997. 30 с.
7. Бородачева, А. В., Левинбук, М. И. Тенденции развития нефтеперерабатывающей промышленности и экономические особенности нефтепереработки в России // Российский химический журнал (Журнал Российского химического общества им. Д.И. Менделеева). 2008. Т. LII, С. 37-43.

8. Грин Н.В., Бондаренко Е.А. Теоретические основы процесса гидроочистки дизельного топлива // Современные технологии и научно-технический прогресс. 2019. Т. 1. С. 7-8.

9. СП 5.13130.2009. Свод правил. Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования.

10. Сугак, А. В. Оборудование нефтеперерабатывающего производства: Учебное пособие для студенческих учреждений высшего образования/А. В. Сугак, В. К. Леонтьев, Ю. А. Веткин. – Москва : Издательский центр «Академия», 2012. – 336 с.

11. Иванец, К. Я. Оборудование нефтеперерабатывающих заводов и его эксплуатация: Учебное пособие; Иванец К. Я., Лейбо, А. Н. —Москва: Химия, 1960. – 339 с.

12. ГОСТ 27.002–89 Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения. – Взамен ГОСТ 2177–66; введ. 01.01.2001. – Государственный комитет СССР по управлению Качеством продукции и стандартам, Москва: 2001. – 96 с.

13. Майерс, Р. А. Основные процессы нефтепереработки: Справочник / Р.А. Майерс. – Санкт - Петербург: Профессия, 2011. – 926 с.

14. Эмирджанов, Р.Т. Основы технологических расчетов нефтепереработки и нефтехимии: Учебное пособие для вузов / Р. Т. Эмирджанов, Р. А. Лемберанский – Москва : Химия, 1998. – 192 с.

15. Мариненко, О. В. Теплофизические свойства веществ: Справочник / О. В. Мариненко; Москва, Госэнергоиздат, 1956. – 367 с.

16. Касаткин, А. Г. Основные процессы и аппараты химической технологии: Учебное пособие /А. Г. Касаткин; — Москва : Химия, 1973. — 752 с.

17. Гельперин, Н. И. Основные процессы и аппараты химической технологии : Учебное пособие / Н. И. Гельперин; Москва: Химия, 1981. – 384 с.

18. Владимиров А.И. Основные процессы и аппараты нефтегазопереработки: учеб. пособие для вузов / А. И. Владимиров, В. А. Щелкунов, С. А. Круглов. – М.: - ООО «Недра-Бизнесцентр», 2002. – 227 с.
19. Баязитов М. И. О механизме коксообразования на внутренней поверхности печных труб / И. О. Баязитов, И. Р. Кузеев. – Уфа: Нефть и газ, 1996. – 262 с.
20. Эрозионно–коррозионные изнашивание энергетического оборудования\\ Энергетическое машиностроение\\ Экспресс информация 1986. Вып. 5 М. С. 38
21. Вайнман А.Б., Меликов Р.К., Смиян О.Д. Водородное охрупчивание элементов котлов высокого давления. – Киев: Наука думка, 1990 – 268 с.
22. Графит, свойства графита, применение графита, продажа графита, терморасширенный графит // Graphite Bonum Group : [Электронный ресурс] URL: <http://graphite-gbg.com/ru/stati/grafit.html> (дата обращения 07.05.2023).
23. Теплопроводность стали и чугуна, теплофизические свойства стали // thermalinfo : [Электронный ресурс] URL: <http://thermalinfo.ru/svojstva-materialov/metally-i-splavy/teploprovodnost-stali-i-chuguna-teplofizicheskie-svojstva-stali> (дата обращения: 07.05.2023).
24. Ентус, Н. Р. Трубчатые печи в нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности / Н. Р. Ентус, В. В. Шарихин. – М.: Химия, 1987. – 304 с.
25. Ц-03-84(т) О проведении ультразвуковой дефектоскопии змеевиков ПВД– М. Энергоиздат. 1981–5с.  
2. СО 153–34.17.439–2003 Инструкция по продлению срока службы сосудов, работающих под давлением. –М. ОРГРЭС–86с.
26. Технический регламент ПАО «Саратовский НПЗ» план мероприятий по локализации и ликвидации аварий – 2021 г. – 542 с.
27. Восток - сервис [электронный ресурс]: URL:<https://vostok.ru/?region=saratov> (дата обращения 15.05.2023).

28. Спецтех[электронный ресурс]: URL:<https://pro-spec.ru/>(дата обращения 15.05.2023).

29. Бризмаркет.ру [электронный ресурс]: URL:  
[https://brizmarket.ru/samospasatel\\_fenix.html](https://brizmarket.ru/samospasatel_fenix.html) (дата обращения 20.05.2023).