

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

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

Кафедра нефтехимии и техногенной безопасности

Пути повышения безопасности блока гидроочистки установки  
изомеризации пентан-гексановой фракции нефтеперерабатывающего  
завода

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

студента (ки) 4 курса 441 группы  
направления 20.03.01 «Техносферная безопасность»

Института химии

Горюновой Марины Николаевны

Научный руководитель

К.воен.н., доцент

должность, уч. ст., уч. зв.

подпись, дата

М.И. Иванюков

инициалы, фамилия

Заведующий кафедрой

д.х.н., профессор

должность, уч. ст., уч. зв.

подпись, дата

Р.И. Кузьмина

инициалы, фамилия

Саратов 2020

## ВВЕДЕНИЕ

Саратовский нефтеперерабатывающий завод – это старейшее нефтеперерабатывающее российское предприятие, которое входит в структуру нефтяной компании «Роснефть». Одной из основных установок на Саратовском НПЗ является гидроочистка. Развитие современных процессов гидроочистки направленно в основном на снижение в сырье переработки концентрации сернистых, азотсодержащих, кислородсодержащих и олефиновых соединений. Такая нужда в этом процессе связана с ростом удельного веса сернистых нефтей в общем балансе нефтедобычи и с ужесточением требований стандартов к содержанию серы в топливах. Блок гидроочистки пентан-гексановой фракции относится к опасным производствам с вредными условиями труда. Перерабатываемые в производстве вещества при определенных условиях могут вызвать пожар и взрыв, кроме того, они являются токсичными и могут оказывать вредное воздействие на организм человека. [3]

В процессе гидроочистки повышается качество пентан-гексановой фракции за счет удаления влаги сернистых, кислородных, азотистых и металлоорганических соединений, отравляющих катализаторы процесса изомеризации. Удаление этих вредных веществ осуществляется на гидрирующем алюмоникельмолибденовом катализаторе. [1]

*Актуальность* выбранной темы выпускной квалификационной работы связана с тем, что сейчас процесс гидроочистки сырья на нефтеперерабатывающих заводах является одним из ключевых и нуждается в разработке необходимых рекомендаций для повышения безопасной эксплуатации установки.

*Предметом исследования* являются возможные опасности блока гидроочистки и безопасная эксплуатация блока гидроочистки установки изомеризации пентан – гексановой фракции.

**Целью** выпускной квалификационной работы является изучение процесса гидроочистки пентан-гексановой фракции и разработка путей повышения безопасности блока гидроочистки установки изомеризации пентан-гексановой фракции.

**Задачи** выпускной квалификационной работы:

- рассмотреть основные характеристики процесса гидроочистки пентан-гексановой фракции
- разобрать возможные опасности блока гидроочистки пентан-гексановой фракции
- разработать возможные сценарии возникновения и развития аварии
- произвести расчет количества опасного вещества, участвующего в аварии и создании поражающего фактора
- провести анализ вероятных опасностей технологического блока
- предложить пути повышения безопасности блока гидроочистки установки изомеризации пентан-гексановой фракции

## **РАЗДЕЛ 1. Литературный обзор. Характеристика объекта исследования**

Установка гидроочистки пентан-гексановой фракции состоит в основных этапах производства и предназначена для очистки пентан-гексановой фракции от сернистых, азотистых, кислород- и хлорсодержащих соединений, влаги и металлоорганических соединений, являющихся ядами для катализатора изомеризации. [3]

Сырьем реакторного блока гидроочистки установки изомеризации является пентан-гексановая фракция– поступающая с установки ЭЛОУ АВТ-6 или сырьевого парка установки изомеризации через фильтр.

Сырье поступает в сырьевую емкость, а дальше сырье направляется в узел смешения с циркулирующим водородсодержащим газом.

Из узла смешения газосырьевая смесь поступает последовательно в межтрубное пространство сырьевых теплообменников. Затем, газосырьевая смесь, разделившись на два потока, направляется в сырьевую печь гидроочистки, где нагревается до температуры  $280 \div 320^{\circ}\text{C}$ . Нагретая газосырьевая смесь поступает в реактор гидроочистки, где протекают каталитические реакции гидрирования сернистых и азотистых соединений, непредельных углеводородов. Основными реакциями процесса гидроочистки являются:

- превращение серы, сераорганических соединений в сероводород;
- превращение азота, азотистых органических соединений в аммиак;
- превращение кислорода, кислородсодержащих соединений в воду;
- насыщение олефинов;
- превращение галагенов, галогенсодержащих органических соединений в соответствующие галогенводороды;
- удаление металлов из металлоорганических соединений. [1]

После реактора газопродуктовая смесь поступает последовательно в трубное пространство сырьевых теплообменников гидроочистки, где отдаёт тепло газосырьевой смеси гидроочистки.

Далее газопродуктовая смесь проходит по 6 потокам через 3 секции воздушного холодильника-конденсатора газопродуктовой смеси и водяной холодильника-конденсатора газопродуктовой смеси, где охлаждается и конденсируется, и поступает в сепаратор газопродуктовой смеси гидроочистки.

В сепараторе происходит отделение водородсодержащего газа от жидкой фазы, разделение жидкой фазы на углеводородную фазу (нестабильный гидрогенизат) и кислую воду. Кислая вода под давлением выводится из сепаратора. Водородсодержащий газ из сепаратора газопродуктовой смеси гидроочистки поступает на прием циркуляционного компрессора гидроочистки через сепаратор на приеме циркуляционного компрессора гидроочистки.

Отдувочный водородсодержащий газ сбрасывается в линию топливного газа.

Жидкая углеводородная фаза – нестабильный гидрогенизат, под давлением выводится из сепаратора в блок отпарной колонны. Нагрев нестабильного гидрогенизата осуществляется в межтрубном пространстве теплообменников нагрева сырья отпарной колонны за счет тепла стабильного гидрогенизата. Нагретое сырье поступает на 17 тарелку отпарной колонны. Нагретый в печи стабильный гидрогенизат поступает в куб колонны. С верха отпарной колонны выводится верхний продукт – пары углеводородов, пары воды, водород и сероводород. Верхний продукт колонны охлаждается и конденсируется. В емкости орошения происходит отделение углеводородного газа от жидкой фазы, разделение жидкой фазы на углеводородную фазу (сжиженный углеводородный газ) и кислую воду. [1]

## РАЗДЕЛ 2. Характеристика возможных опасностей

Рассматриваем ряд сценариев опасностей блока гидроочистки пентан-гексановой фракции, связанные с разгерметизацией оборудования с пожаровзрывоопасными веществами, которые представляют собой последовательность событий от момента разгерметизации до момента ликвидации аварии или перехода аварийной ситуации на более высокий уровень.

Сценарии включают в себя основные возможные варианты протекания аварий: взрыв парогазовоздушной смеси (ПГВС), вспышечный пожар, пожар пролива, «огненный шар». На основе изучения технологического процесса блока, характеристик опасных веществ, данных о аппаратурном оформлении, и рассмотрении известных аварий на объектах подобного вида были определены наиболее представительные возможные сценария аварийной ситуации в блоке и рассчитаны количества опасного вещества. [5]

Краткое описание сценариев возможных аварийных ситуаций в блоке гидроочистки приведены в таблице 1.

Таблица 1 – сценарии возможных аварийных ситуаций в блоке гидроочистки [5]

<b>Номер сценария</b>	<b>Описание сценария</b>
С-1	Разгерметизация сырьевой емкости Е-100 → выброс пентан-гексановой фракции и водородсодержащего газа → загазованность наружной установки в концентрациях между НУПВ и ВКПВ → образование взрывоопасного облака парогазовоздушной смеси → наличие источника зажигания → взрыв облака ПГВС

Продолжение таблицы 1

С-2	Разгерметизация сепаратора С-101 → выброс нестабильного гидрогенизата и водородсодержащего газа → загазованность наружной установки в концентрациях между НУПВ и ВКПВ → образование взрывоопасного облака парогазовоздушной смеси → наличие источника зажигания → взрыв облака ПГВС
С-3	Прогар змеевика сырьевой печи П-101 → выброс газосырьевой смеси в топку печи → воспламенение газосырьевой смеси → пожар в топке печи
С-4	Разгерметизация реактора гидроочистки Р-101 → выброс парогазовой фазы и нестабильного гидрогенизата → вскипание нестабильного гидрогенизата → образование газового облака → загорание облака при наличии источника зажигания в виде вспышечного пожара
С-5	Разгерметизация отпарной колонны К-101 → выброс нестабильного гидрогенизата и водородсодержащего газа → загазованность наружной установки в концентрациях между НКПВ и ВКПВ → образование взрывоопасного облака парогазовоздушной смеси → наличие источника зажигания → взрыв облака ПГВС
С-6	Разгерметизация емкости Е-101 → выброс углеводородного газа и сжиженный углеводородный газ → образование газового облака → наличие источника зажигания → воспламенение облака «огненный шар»

### РАЗДЕЛ 3. Анализ вероятных опасностей технологического блока

Для того, чтобы определить степень воздействия каждого возможного сценария проведем для каждого соответствующие расчеты.

В результате проведенного анализа были выявлены наиболее опасный и наиболее вероятный сценарии развития аварийных ситуаций [4].

Результаты реализации наиболее вероятного сценария указаны в таблице 2.

Степень поражения	Интенсивность теплового излучения $q$ , кВт/м <sup>2</sup>	Радиус зоны, м
Воспламенение древесины, окрашенной масляной краской по строганной поверхности; воспламенение фанеры	17,0	5,1
Воспламенение древесины с шероховатой поверхностью (влажность 12 %) при длительности облучения 15 мин	12,9	5,9
Непереносимая боль через 3—5 с Ожог 1-й степени через 6—8 с Ожог 2-й степени через 12—16 с	10,5	6,5
Непереносимая боль через 20—30 с Ожог 1-й степени через 15—20 с Ожог 2-й степени через 30—40 с Воспламенение хлопка-волокна через 15 мин	7,0	7,8
Безопасно для человека в брезентовой одежде	4,2	9,8
Без негативных последствий в течение длительного времени	1,4	16,3

Таблица 2 - Типичные предельно допустимые значения интенсивности теплового излучения наиболее вероятного сценария 3 для различных степеней поражения человека и повреждения материалов

Результаты реализации наиболее опасного сценария указаны в таблице 3.

Радиусы зон разрушения ударной волной, м		$\Delta P$ , кПа	Класс зоны разрушения
Полное разрушение зданий с массивными стенами	61,2	$\geq 100$	1
Разрушение стен кирпичных зданий толщиной в 1,5 кирпича; перемещение цилиндрических резервуаров; разрушение трубопроводных эстакад	90,2	70	2
Разрушение перекрытий промышленных зданий; разрушение промышленных стальных несущих конструкций; деформации трубопроводных эстакад	154,6	28	3
Разрушение перегородок и кровли зданий; повреждение стальных конструкций каркасов, ферм	450,8	14	4
Граница зоны повреждений зданий; частичное повреждение остекления	901,6	$\leq 2$	5

Таблица 3 – результаты расчета вероятных зон действия поражающих факторов для сценария 2 взрыва на наружной установке при разгерметизации сепаратора С-101 [4]

#### **РАЗДЕЛ 4. Рекомендации по обеспечению безопасности на технологическом блоке**

По результатам расчетов и проведенного анализа было определено, что блок гидроочистки пентан-гексановой фракции относится к «первой» категории взрывоопасности.

Таким образом, на установке гидроочистки пентан-гексановой фракции требуется в обязательном порядке соблюдать строгие правила и меры по безопасной эксплуатации данного блока. [2]

Меры по безопасной эксплуатации установки, которые следует строго соблюдать:

- Должны строго соблюдаться все операции, их очередность, плавный и равномерный прогрев аппаратов. Также осуществление качественной и бесперебойной работы систем контроля автоматике, схем предупредительной, аварийной сигнализации и блокировочной защиты.

- Постоянный контроль за качеством сырья и получаемых продуктов и за герметичностью аппаратов, трубопроводов, запорной арматуры, фланцевых соединений, своевременное устранение выявленных дефектов Систематический контроль состояния труб змеевиков печи правильная шуровка этих печей.

- Бесперебойное снабжение установки качественным сырьём, электроэнергией напряжением 380 В и 6000 В, паром, водой, воздухом для приборов КИП и А.

- Строго вести технологического режима без нарушений и отклонений от параметров, технологических карт и «Норм технологического режима» и выполнять инструкции и правила по эксплуатации сосудов, работающих под давлением.

– Контроль работы, строгое выполнение всех инструкций. Наличие исправного резервного оборудования. Систематическая проверка систем пожаротушения. [6]

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В ходе выпускной квалификационной работы был проведен анализ пожаровзрывобезопасности и разработаны пути повышения безопасности блока гидроочистки пентан-гексановой фракции установки изомеризации нефтеперерабатывающего завода.

Были рассмотрены основные характеристики процесса гидроочистки пентан-гексановой фракции и выделены возможные опасности данного блока, также разработаны возможные сценарии возникновения и развития аварии, построены «деревья событий» и «деревья отказов».

На основе проведенного анализа вероятных опасностей технологического блока и расчета количества опасного вещества, участвующего в аварии и создании поражающего фактора были установлены наиболее вероятный и опасный сценарии аварийных ситуаций. Наиболее вероятным сценарием в блоке гидроочистки пентан-гексановой фракции является Сценарий 3 - пожар разлива сырьевой печи П-101 при прогаре змеевика печи, где участвующее вещество в аварии составило 100 кг, а в поражающих факторах также 100 кг. Наиболее опасным сценарием в блоке гидроочистки пентан-гексановой фракции является: Сценарий 2 – взрыв парогазовоздушной смеси на наружной установке при разгерметизации сепаратора С-101, где участвующее вещество в аварии составило 10,6 т, а в поражающих факторах 1,1 т. Для этих сценариев были составлены графики зависимости интенсивности теплового излучения от радиуса зон поражения (график зависимости избыточного давления ударной волны от радиуса зон поражения) и ситуационные планы развития аварии.

Учитывая все полученные результаты по возможным опасностям технического блока, были предложены пути повышения безопасности блока

гидроочистки установки изомеризации пентан-гексановой фракции по предотвращению взрывов и по эксплуатации печей.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Технологический регламент комплекса изомеризации пентан-гексановой фракции, ПАО «Саратовский НПЗ», ТР-05766646-05-2013. – 411 с.
2. Федеральный закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 21.07.1997 №116-ФЗ.
3. С.А.Ахметов «Технология глубокой переработки нефти и газа»// Уфа, Издательство «Гилем», 2002 - 671с.
4. Приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 11 марта 2013 года № 96 Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности "Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств" (с изменениями на 26 ноября 2015 года) // [Электронный ресурс] : <http://docs.cntd.ru/document/499013213> (дата обращения: 29.03.2020). - Загл. с экрана. - Яз.рус.
5. Расчетно-пояснительна записка к ПМЛА установки изомеризации цеха № 4, разработана специалистами ЗАО «Технориск», 2012 год – 395 с.
6. План мероприятий по локализации и ликвидации последствий аварий на опасных производственных объектах ПАО «Саратовский НПЗ» - Порядок действий по локализации и ликвидации аварий на комплексе изомеризации пентан-гексановой фракции, входящей в состав опасного производственного объекта – площадка производства нефтепродуктов и серы, № пмла-0001 опбипк юл-443. – 433 с.