

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

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

Кафедра общей и неорганической химии

Анализ возможных аварийных ситуаций на установке Л-24-6

АВТОРЕФЕРАТ

студента 4 курса 441 группы

направления 20.03.01 «Техносферная безопасность»

код и наименование направления, специальности

Института химии

Зенина Владислава Александровича

Научный руководитель

К.Х.Н., доцент

должность, уч. ст., уч. зв.

подпись, дата

Т.В. Захарова

инициалы, фамилия

Заведующий кафедрой

Д.Х.Н., профессор

должность, уч. ст., уч. зв.

подпись, дата

И.Ю. Горячева

инициалы, фамилия

Саратов 2022

ВВЕДЕНИЕ

Среди вторичных процессов переработки нефтяного сырья процесс гидроочистки занимает ключевое положение, что обусловлено следующими причинами:

- 1) непрерывным увеличением в общем балансе сернистых и высокосернистых нефтей;
- 2) ужесточением требований, как к охране природы, так и к качеству товарных нефтепродуктов;
- 3) развитием каталитических процессов с применением активных и селективных катализаторов, требующих предварительного гидрооблагораживания сырья (каталитический крекинг, каталитический риформинг);

Технология гидроочистки довольно опасна, так как обуславливается большим количеством легко воспламеняющихся и горючих жидкостей, парогазовых смесей, а также сложностью технологических процессов, большинство осуществляется непрерывно. Аппараты установки связаны между собой, поэтому любые неполадки и аварийные ситуации в одном аппарате могут влияют на весь технологический процесс. При неквалифицированном выполнении должностных обязанностей неизбежны аварии, взрывы, пожары и случаи производственного травматизма.

В связи с этим, целью работы является изучение технологического процесса установки и анализ возможных аварийных ситуаций на установке Л-24-6 с блоком КЦА.

В соответствии с поставленной целью определены **основные задачи**:

- 1) Провести анализ технологической установки Л-24-6 с блоком КЦА

2) Выявить основные аварийные ситуации и опасности на установке Л-24-6

3) Провести расчеты вероятных размеров зон действия поражающих факторов блока КЦА для минимизации поражающего фактора за счет внедрения легкобрасываемых конструкций.

РАЗДЕЛ 1 Общая характеристика установки Л-24-6

Установка Л-24-6 предназначена для гидроочистки прямогонных средних дистиллятов, поступающих с установки ЭЛОУ-АВТ-6. Гидроочистка заключается в гидрировании в среде водородсодержащего газа органических соединений серы, азота и кислорода, содержащихся в сырье. Кроме этого, происходит гидрирование непредельных углеводородов. В результате этих реакций снижается содержание серы, улучшается цвет, повышаются стабильность и цетановое число, незначительно снижается температура застывания и вязкость гидроочищенного дизельного топлива [1].

Установка Л-24-6 состоит из двух параллельно работающих потоков, это дает возможность одновременного использования разного сырья и производства разной продукции.

Каждый из потоков включает в себя:

- Реакторный блок - предназначен для гидрирования серо -, кислород-, азот, содержащих и непредельных соединений с получением нестабильного гидрогенизата. Процесс проходит на катализаторе, в среде водорода, при повышенных температурах и давлениях.
- Блок стабилизации - предназначен для выделения из нестабильного гидрогенизата сероводорода, воды аммиака, углеводородного газа и бензина с получением стабильного нефтепродукта.
- Блок очистки газов. Блок предназначен для удаления сероводорода из углеводородных газов, водородсодержащий газ (далее – ВСГ), бензин-отгона. Узел очистки циркулирующего ВСГ предусмотрен на каждом потоке. Узел очистки углеводородных газов и бензин-отгона, является общим для обоих потоков действующей установки. Насыщенный раствор моноэтаноламина (далее – МЭА) направляется на централизованную установку регенерации.

На установке гидроочистки Л-24-6 могут перерабатываться прямогонная дизельная фракция, выкипающая в пределах 180-360 °С (на одном или обоих блоках установки) с получением дизельных топлив летних и зимних марок.

В качестве компонента сырья на установке Л-24-6 используется стабильный бензин висбрекинга, выкипающий в пределах НК не менее 35°С-КК не более 280°С.

РАЗДЕЛ 2 Описание технологического процесса

В разделе 2 описан технологический процесс:

- Реакторного блока
- Блока стабилизации
- Блок аминовой очистки (блок МЭА)
- Блок очистки газов низкого давления
- Блок очистки газов стабилизации
- Блок очистки бензин отгона
- Блок короткоциклового адсорбции (КЦА)

РАЗДЕЛ 3 Основные опасности на установке Л-24-6 с блоком КЦА

3.1 Опасности производства, обусловленные особенностями используемого оборудования и условиями его эксплуатации

Основным оборудованием, используемым в технологическом процессе установки, являются печи, поршневые компрессоры, центробежные насосы, резервуары, реакторы, сепараторы, ректификационные колонны и теплообменная аппаратура. Надежность работы существующего оборудования определяется правильностью условий его эксплуатации, непрерывным контролем со стороны обслуживающего персонала и выдерживанием норм технологического режима.

При эксплуатации резервуарных парков возможны следующие опасности:

- возникновение пожара и опасных концентраций паров нефтепродуктов и газов в случае разгерметизации резервуаров насосов и трубопроводов или при нарушении режима работы оборудования;
- ожог водяным паром;
- отравление парами углеводородов;
- поражение электрическим током в случае выхода из строя заземления токоведущих частей электрооборудования, пробоя изоляции;
- возможность падения с высоты при обслуживании резервуаров, арматуры и трубопроводов, расположенных на высоте.

Основными опасностями при эксплуатации насосного и компрессорного оборудования являются: разгерметизация торцевых уплотнений, разгерметизация фланцевых и сварных соединений трубопроводов, разрушение подшипников насосов, компрессоров и электродвигателей, разрушение движущихся частей насосов компрессоров, электродвигателей вследствие: отсутствия контроля за работой оборудования со стороны обслуживающего персонала и соответствующих служб, отсутствие смазки подшипников, сальников, попадание жидкости на прием компрессоров, отсутствие охлаждения соответствующих узлов оборудования.

Реакторы гидроочистки используются для проведения химических реакций на неподвижном слое катализатора под давлением ВСГ до 45 кгс/см^2 и температурой до $420 \text{ }^\circ\text{C}$. Основной опасностью при их эксплуатации является повышение перепада давления в системе вследствие закоксовывания или спекания слоя катализатора, завышение температуры стенок реакторов.

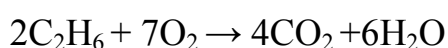
Сепараторы и емкости, используемые в технологическом процессе установки, предназначены для отделения водородсодержащего газа (ВСТ) от гидрогенизата, для отделения углеводородного газа от жидкой фазы, как приемные сепараторы у компрессоров ПК. Аппараты колонного типа используются на установке для получения полуфабрикатов и готовой продукции при помощи процесса ректификации. Основная опасность эксплуатации этого оборудования заключается в наличии большого количества взрывопожароопасных нефтепродуктов (жидких нефтепродуктов и газа), суммарный объем колонн, сепараторов и емкостей составляет свыше 750 м³, давление от 0,4 кгс/см² до 45 кгс/см², температура (60÷300) °С [11].

Основными опасностями при эксплуатации теплообменников и холодильников под давлением до 45 кгс/см² и температурой до 420 °С являются разгерметизация фланцевых соединений, сварных швов, вальцовок трубных пучков вследствие температурной деформации оборудования, что в условиях эксплуатации технологической установки приведет к взрыву и пожару.

3.2 Расчет скорости протекания реакции при повышении температуры в оборудовании

При изменении условий протекания реакций (увеличении температуры) скорость прямого и обратного процессов изменяются не одинаково, и химическое равновесие нарушается, довольно наглядно это видно в нефтеперерабатывающем производстве. Для того чтобы увидеть скорость протекания реакции возьмем простые УВ C₁ – C₄ и рассчитаем их константу равновесия K_T:

Произведем расчет на примере реакции горения этана C₂H₆:



Найдем стандартное изменение энтальпия (ΔH), энтропии (ΔS), энергии Гиббса (ΔG) используя термодинамические константы реакции горения этана:

$$\Delta H_{298} = 6 \cdot (-241,8) + 4 \cdot (-393,5) - 0 - 2 \cdot (-74) = -2855,4 \text{ кДж/моль}$$

$$\Delta S_{298} = 6 \cdot 188,7 + 4 \cdot 213,7 - (7 \cdot 205) - 2 \cdot 186,2 = 90,2 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К)}$$

$$\Delta G_{298} = 6 \cdot (-228,6) + 4 \cdot (-394,4) - 0 - 2 \cdot (-50,8) = -2883,2 \text{ Дж/моль}$$

Найдем ΔG при температуре 423 К (150 °С):

$$\Delta G_{423} = \Delta H - T \cdot \Delta S = -2883,2 - (423 \cdot 90,2 / 1000) = -2921,3 \text{ кДж/моль}$$

Найдем константу равновесия K_T по формуле:

$$\Delta G_{298} = -5,69 \lg K_{298}$$

$$\lg K_{298} = -\Delta G_{298} / 5,69 = 800,8 / 5,69 = 140,74$$

$$\lg K_{423} = -\Delta G_{423} / 5,69 = 800,9 / 5,69 = 140,76$$

$$K_{298} = 10^{506,7}$$

$$K_{423} = 10^{513,4}$$

Остальные расчеты по другим веществам занесем в таблицу 1:

Таблица 1 – Расчет констант равновесия K_T

Вещества	ΔG_{298} , кДж/моль	K_{298}	ΔG_{423} , кДж/моль	K_{423}
CH ₄	-800,9	10 ^{140,6}	801,2	10 ^{140,7}
C ₂ H ₆	-2883,2	10 ^{506,7}	-2921,1	10 ^{513,4}
C ₃ H ₈	-2074,1	10 ^{364,5}	-2084,1	10 ^{366,4}

C_4H_{10}	-5404,4	$10^{949,8}$	-5811,4	$10^{1021,3}$
-------------	---------	--------------	---------	---------------

РАЗДЕЛ 4 Анализ возможных аварийных ситуаций на установке Л-24-6 с блоком КЦА

4.1 Основные вещества, обращающиеся на установке Л-24-6 с блоком КЦА

Таблица 2 - Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в рабочей зоне

Вещество	Класс опасности	ПДК рабочей зоны	СИЗ
Дизельное топливо	4	300/900 мг/м ³	Фильтрующий противогаз с фильтрующей коробкой АВЕК; Воздушно-дыхательные аппараты ПТС «Базис»; Самоспасатели «Drager», MSA и др.; Спецодежда, спецобувь, защитные очки, перчатки, каска
Бензин	4	100/300 мг/м ³	
Углеводородный газ	4	300/900 мг/м ³	
Моноэтаноламин (МЭА)	2	0,5 мг/м ³	
Жидкое топливо (мазут)	4	300/900 мг/м ³ .	
Сероводород	2	10 мг/м ³ В смеси с легкими УВ = 3 мг/м ³	

Водород	Не регламентируется	Не регламентируется	
---------	---------------------	---------------------	--

4.2 Возможные аварийные ситуации на блоке КЦА и способы их ликвидации

Для рассмотрения возможных аварийных ситуаций, за пример был взят блок короткоцикловой адсорбции (КЦА).

Таблица 3 - Возможные аварийные ситуации на блоке КЦА и способы их ликвидации

Место возникновения аварий и стадии развития	Опознавательные признаки аварии	Способы и средства локализации и ликвидации аварий
1	2	3
<p>Сценарий 1.</p> <p>Разгерметизация трубопроводов, арматуры, фланцевых соединений с выбросом опасного вещества</p>	<p>1. Загазованность территории, запах паров углеводородов.</p> <p>2. Шум, свист, создаваемый истекающим продуктом.</p> <p>3. Срабатывание датчиков газоанализаторов по загазованности территории с выводом показаний на монитор и срабатыванием световой и звуковой сигнализации.</p> <p>4. Заметное падение давления в трубопроводах и аппаратах по приборам КИП и А.</p>	<p>1. Автоматическая система непрерывного контроля дозврывоопасных концентраций горючих газов, паров и их смесей в воздухе рабочей зоны.</p> <p>2. Автоматическая система управления технологическим процессом.</p> <p>3. Предохранительные клапаны на трубопроводах и оборудовании.</p> <p>4. Сброс избыточного давления газа в факельный коллектор.</p> <p>5. Отсечение блока запорной арматурой:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ клапаны-отсекатели, клапаны-регуляторы, арматура с ручным управлением. <p>6. Аварийная остановка установки.</p> <p>7. Исключение источников зажигания.</p> <p>8. Громкоговорящая связь.</p>

		<p>9. Индивидуальные переносные устройства связи.</p> <p>10. Индивидуальные переносные газоанализаторы на H₂S.</p> <p>11. Лафетные установки.</p> <p>12. Стационарный противопожарный водопровод.</p> <p>13. Первичные средства пожаротушения.</p>
--	--	---

РАЗДЕЛ 5 Методика расчета категории опасности и вероятных размеров зон действия поражающих факторов блока КЦА

В расчетах принимаются общие приведенные массы парогазовых сред m и соответствующие им энергетические потенциалы E , полученные при определении категории взрывоопасности технологических блоков [16].

Благодаря имеющимся данным по энергетическому потенциалу блока $E=5,1 \cdot 10^6$ кДж, мы можем найти приведенную массу паров взрывоопасного парового облака и относительный энергетический потенциал блока.

Приведенная масса взрывоопасной парогазовой среды определяется как отношение общего энергетического потенциала к единой теплоте сгорания большинства углеводородов по формуле:

$$m = \frac{E}{Q_{UD}} \quad (1)$$

где:

-единая теплота сгорания УВ, кДж/кг; = $4,6 \cdot 10^4$ кДж/кг.

Относительный энергетический потенциал характеризует запас энергии в технологическом блоке, который может быть реализован при взрыве, и определяется по формуле:

$$Q_E = \frac{1}{16} \cdot 534 \sqrt[3]{E}$$

(2)

В зависимости от величин относительного энергетического потенциала и приведенной массы взрывоопасной парогазовой среды устанавливаются категории взрывоопасности технологических блоков из таблицы 4.

Таблица 4 - Категории взрывоопасности технологических блоков

Категория взрывоопасности	Относительный энергетический потенциал взрывоопасности, Q_E	Приведенная масса m , кг
1	Более 37	Более 5000
2	27-37	2000-5000
3	Менее 27	Менее 2000

1. В расчетах принимаются общие приведенные массы парогазовых сред m и соответствующие им энергетические потенциалы E , полученные при количественной оценке взрывоопасности технологических объектов (блоков) [18].

2. Масса паров, участвующих во взрыве, определяется по формуле

$$m' = mz, \quad (3)$$

где:

m' - масса паров, участвующих во взрыве, кг;

m - сумма приведенных масс паров и/или пыли, кг;

z - доля приведенной массы парогазовых веществ, участвующих во взрыве.

В общем случае для неорганизованных парогазовых облаков в незамкнутом пространстве с большой массой горючих веществ доля участия во взрыве может приниматься равной 0,1.

Для производственных помещений (зданий) и других замкнутых объемов значения z могут приниматься в соответствии с таблицей 5.

Таблица 5 - Значение z для замкнутых объемов (помещений)

Вид горючего вещества	Значение z
Водород	1,0
Горючие газы	0,5
Пары легковоспламеняющихся и горючих жидкостей	0,3

3. Источники воспламенения могут быть постоянные (печи пиролиза, факел, электроаппаратура открытого исполнения и т.п.) или случайные (временные огневые работы, транспортные средства и т.д.), которые могут привести к взрыву парогазового облака при его распространении.

4. Центром зоны принимается рассматриваемый технологический блок или наиболее вероятное место разгерметизации технологической системы.

5. Тротиловый эквивалент взрыва парогазовой среды W_t , определяемый по условиям адекватности характера и степени разрушения при взрывах парогазовых облаков рассчитывается по формуле

$$W_t = 0,4q^0, \quad (4)$$

где:

0,4 – доля энергии взрыва парогазовой среды, затрачиваемая непосредственно на формирование ударной волны;

0,9 – доля энергии взрыва тринитротолуола (ТНТ), затрачиваемая непосредственно на формирование ударной волны;

q^0 – удельная теплота сгорания парогазовой среды в блоке КЦА, кДж/кг; = 154048 кДж/кг;

q_T – удельная энергия взрыва ТНТ, кДж/кг; = 4520 кДж/кг.

6. Зоной разрушения считается площадь с границами, определяемыми радиусами R , центром которой является рассматриваемый технологический блок или наиболее вероятное место разгерметизации технологической системы. Классификация зон разрушения приводится в таблице 6. Границы каждой зоны характеризуются значениями избыточных давлений по фронту ударной волны ΔP и соответственно безразмерным коэффициентом K [19].

Таблица 6 - Классификация зон разрушений

Классы зон разрушения	K	ΔP , кПа	Вероятные последствия, характер повреждений зданий и сооружений
1	3,8	>100	Полное разрушение зданий с массивными стенками
2	5,6	70	Разрушение стен кирпичных зданий толщиной в 1,5 кирпича; перемещение цилиндрических резервуаров; разрушение трубопроводных эстакад
3	9,6	28	Разрушение перекрытий промышленных зданий; разрушение промышленных стальных несущих конструкций; деформации трубопроводных эстакад
4	28	14	Разрушение перегородок и кровли зданий; повреждение стальных конструкций каркасов, ферм
5	56	2	Граница зоны повреждений зданий; частичное повреждение остекления

Радиус зоны разрушения (м) в общем виде определяется выражением:

$$R = K \frac{\sqrt[3]{W_T}}{\left[1 + \left(\frac{3180}{W_T}\right)^2\right]^{\frac{1}{6}}}, \quad (5)$$

где:

R – радиус зоны возможных разрушений, м.

K – безразмерный коэффициент, характеризующий воздействие взрыва на объект.

РАЗДЕЛ 6 Легкосбрасываемые конструкции

В разделе 6 описываются предложенные меры по минимизации разрушающего фактора в зонах поражения, за счет внедрения легкобрасываемых конструкций.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании проведенной работы (изучения документации и тематических источников), а также проведенных расчетов были сделаны следующие выводы:

1. Проведен анализ установки Л-24-6 с блоком КЦА, рассмотрены основные реакции и параметры процесса гидроочистки, отмечены основные опасности различных блоков установки Л-24-6 и методы их ликвидации.
2. Проведены расчеты энергии Гиббса и константы скорости реакции при разных температурах, рассчитана взрывоопасность технологического блока, определены радиусы зон поражения.
3. Предложены меры по минимизации разрушающего фактора в зонах поражения, за счет внедрения легкобрасываемых конструкций.