

УДК 331.45

*Игуменьцева Виктория Валерьевна,**к.б.н., заведующий кафедрой «Экология и безопасность деятельности человека»,**ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»,**e-mail: viktoria_igumen@mail.ru**Овчинников Леонид Андреевич,**студент группы ТБ-20 кафедры «Экология и безопасность деятельности человека»,**ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»,**e-mail: eonid.ovchinnikov.2000@mail.ru*

ТИПОВЫЕ СЦЕНАРИИ ВОЗМОЖНЫХ АВАРИЙ НА УСТАНОВКЕ ЭЛОУ-АВТ-6

*Igumenshcheva V.V., Ovchinnikov L.A.*TYPICAL SCENARIOS OF POSSIBLE ACCIDENTS AT THE ELOU-AVT-6
INSTALLATION

Аннотация. В статье проанализированы основные (типовые) сценарии аварий и последующие события на примере установки электрообессоливания нефти.

Ключевые слова: сценарий аварии, вероятность, последствия событий.

Abstract. The article analyzes the main (typical) scenarios of accidents and subsequent events on the example of the installation of electric desalination of oil.

Keywords: accident scenario, probability, consequences of events.

Основным условием обеспечения промышленной безопасности на сегодняшний день является установление степени аварийной опасности ОПО и обоснования сведений (включая количественные и/или качественные показатели риска) о наиболее опасных технологических процессах, составных частях, составляющих, участках ОПО, в том числе выполнения критериев допустимого риска, для заблаговременного предупреждения угроз причинения вреда жизни, здоровью людей и окружающей среде [1].

Целью данного исследования является анализ возможных аварийных ситуаций и их последствий на объекте исследования. В качестве объекта исследования выбрана установка ЭЛОУ-АВТ-6.

Установка ЭЛОУ-АВТ-6 предназначена для обессоливания и первичного фракционирования нефти. Современные высокопроизводительные установки ЭЛОУ-АВТ являются комбинированными и включают: электрообессоливающую установку (ЭЛОУ), атмосферный блок (АТ), вакуумный блок (ВТ), блоки стабилизации и вторичной ректификации бензиновых фракций.

Установка является наиболее распространенной на отечественных НПЗ и согласно приложению 1 к Федеральному закону «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» ФЗ-116 от 21.07.1997 (редакция от 29.12.2022) относит-

ся к категории опасных производственных объектов по следующему признаку: на ней транспортируются горючие жидкости, способные возгораться от источника зажигания и самостоятельно гореть после его удаления [2]. На установке ЭЛОУ-АВТ-6 в больших количествах используются и перерабатываются легковоспламеняющиеся и горючие жидкости. Жесткие условия ведения процесса (использование огневого нагрева, ведение процесса в широком диапазоне рабочих температур до 400°C и давлений от вакуума до 18 атм.) способствуют возникновению на производстве различных видов пожаров и взрывов при нерегламентированной разгерметизации оборудования.

В зависимости от характера разгерметизации, погодных и других условий на установке аварийные ситуации могут реализовываться в следующих видах аварий:

- горение (пожар) пролива (ПП) – диффузионное горение паров ГЖ и ЛВЖ в атмосфере;

- горение струи (факельное горение) – диффузионное горение газовых, парогазовых и жидкостных струй;

- фэйрбол – «огненный шар» (ОШ) – диффузионное горение газовых и парогазовых облаков в атмосфере с поверхности облака;

- горение пирофорных отложений – самовозгорание (воспламенение) пирофорных

соединений в результате их окисления кислородом воздуха;

- хлопок, вспышка, волна пламени – сгорание предварительно перемешанных газовой паровоздушных облаков с дозвуковыми скоростями;

- взрыв (детонационный взрыв) (В) – сгорание предварительно перемешанных газовой паровоздушных облаков со сверхзвуковыми скоростями [3].

Причем, если горение проливов, струй, огненных шаров реализуются чаще всего на открытых площадках, то хлопки (вспышки, волны пламени), взрывы могут происходить как на открытых площадках, так и в помещении, и внутри оборудования.

Одной из опасностей установки ЭЛОУ-АВТ-6 является возможность образования пиррофорных соединений – сульфидов железа, являющихся соединениями сероводорода с продуктами коррозии металла оборудования. Пиррофорные соединения при окислении кислородом воздуха способны сильно разогреваться, являясь источником инициирования взрыва и пожара. Самовозгорание пиррофорных отложений происходит только при их контакте с воздухом. Такие ситуации могут возникнуть при штатных операциях вскрытия аппаратов, когда нарушены правила подготовки аппарата к ремонту и отложения недостаточно увлажнены. Поэтому вскрытие оборудования и его очистка от отложений без соблюдения правил безопасности опасно с точки зрения возникновения и развития аварийных ситуаций [4].

Обобщенный сценарий возникновения и развития аварий на установке ЭЛОУ-АВТ-6 представлен на рисунке 1.

При этих авариях произойдет длительный выброс загрязняющих веществ, что приведет к взрывоопасной загазованности территории, разбросу обломков сооружений, загрязнению стоков, взрыву облака на открытой площадке.

При оценке возможных зон поражения рассматривались сценарии возможных аварий, которых начальным событием является выброс опасного вещества из отдельного узла или вида оборудования. Количество рассматриваемых сценариев несколько превышало количество отдельных узлов, разрушение которых может привести к выходу возможных зон поражения людей или имущества за территорию рассматриваемого производства. В качестве конечных опасных событий, в зави-

симости от характеристик опасных веществ и условий технологического процесса, рассматривались следующие конечные опасные события:

- пожар пролива;
- огненный шар;
- образование токсиволны.

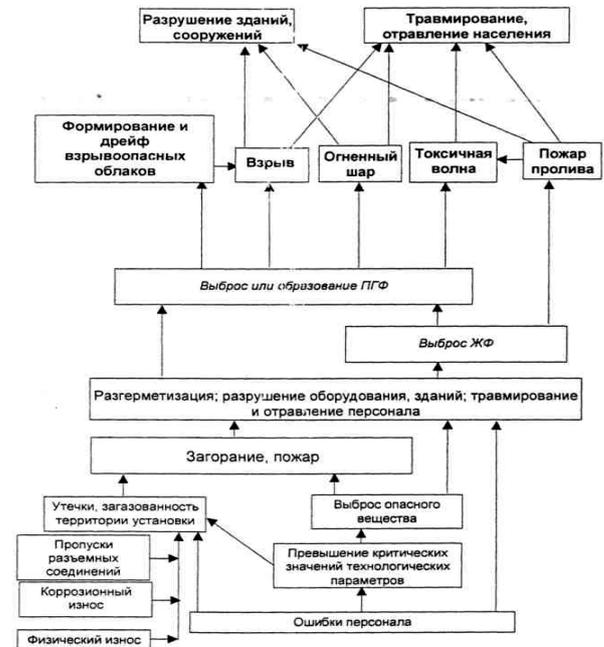


Рисунок 1- Обобщенный сценарий возникновения и развития аварий на установке

Согласно представленной схеме наиболее опасными, являются аварии, приводящие:

- к разрушению зданий и сооружений;
- к травмированию и отравлению населения;
- к пожарам.

Сценарии такого типа можно условно назвать сценариями одномоментного возникновения крупных аварий.

Для учета возможности возникновения крупных аварий в результате нежелательного развития событий, в которых начальным событием крупной аварии являются сравнительно неопасные аварии (утечка опасных веществ, небольшое загорание и т. д.) рассматривались сценарии развития таких небольших аварий и перехода их в крупные аварии [5]. Такого типа сценарий представлен в таблице 1, где приведены начальные и конечные события рассмотренных сценариев возникновения и развития наиболее крупных аварий на установке ЭЛОУ-АВТ-6.

Возможные виды развития аварийных ситуаций представлены в таблице 2.

Основными поражающими факторами при авариях являются:

- избыточное давление в ударной волне в открытом пространстве при взрыве;
- парогазовоздушные смеси;
- избыточное давление в ударной волне в объеме помещения насосной;

- тепловое излучение при пожаре пролива, пожаре-вспышке.

Вероятности возникновения аварийных ситуаций по результатам расчета приведены в таблице 3.

Таким образом, для установки ЭЛОУ-10/6 наиболее вероятным является пожар пролива.

Таблица 1 - Характеристика рассмотренных сценариев наиболее крупных аварий

Участок производства	Начальное событие	Конечное событие
<i>Нефтеперерабатывающий завод Установка ЭЛОУ- АВТ-2</i>		
Стадия ректификации	Разрушение колонны К-2	Взрыв, огненный шар, пожар пролива
Антикоррозионная защита	Разрушение емкости А-17	Токсическая волна
<i>Установка ЭЛОУ- АВТ-3</i>		
Обессоливание и обезвоживание нефти	Разрушение электродегидратора Э-1	Взрыв, огненный шар, пожар пролива
Ректификация отбензиненной нефти	Разрушение колонны К-2	
<i>Установка ЭЛОУ-АВТ-6</i>		
Блок ЭЛОУ	Разрушение электродегидратора Э-1	Взрыв, огненный шар, пожар пролива
Атмосферный блок	Разрушение колонны К-2	

Таблица 2 - Возможные виды сценариев развития аварийных ситуаций

Номер блока	Номер сценария развития аварии	Возможный сценарий развития аварии
Наружная установка		
1,3,4,5, 6,7,8	C1	1. Разгерметизация аппаратуры 2. Образование пролива 3. Испарение и образование парогазового облака 4. Воспламенение парогазового облака 5. Горение парогазового облака (пожар-вспышка) 6. Поражение персонала световым излучением
	C2	1. Разгерметизация аппаратуры 2. Образование пролива 3. Испарение и образование парогазового облака 4. Воспламенение парогазового облака 5. Взрыв парогазового облака 6. Разрушение коммуникаций и сооружений. Травмирование персонала («уровень «Б»)
	C3	1. Разгерметизация аппаратуры 2. Образование пролива 3. Испарение и образование парогазового облака 4. Рассеивание парогазового облака 5. Интоксикация персонала
	C4	1. Разгерметизация аппаратуры 2. Образование пролива 3. Пожар пролива 4. Тепловое воздействие на персонал и оборудование
2	C1	1. Разгерметизация уплотнения насоса или трубопровода 2. Выход продукта в помещение насосной 3. Образование пролива продукта 4. Испарение и образование парогазового облака 5. Горение парогазового облака (пожар-вспышка) 6. Поражение персонала световым излучением

Номер блока	Номер сценария развития аварии	Возможный сценарий развития аварии
	C2	1. Разгерметизация уплотнения насоса или трубопровода 2. Выход продукта в помещение насосной 3. Образование пролива продукта 4. Испарение и образование парагазового облака 5. Взрыв парагазового облака 6. Повреждение оборудования, трубопроводов насосной, травмирования персонала
	C3	1. Разгерметизация уплотнения насоса или трубопровода 2. Выход продукта в помещение насосной 3. Образование пролива продукта 4. Испарение и образование парагазового облака 5. Рассеивание парагазового облака за счет вентиляции 6. Интоксикация персонала
	C4	1. Разгерметизация уплотнения насоса или трубопровода 2. Выход продукта в помещение насосной 3. Образование пролива продукта 4. Пожар пролива 5. Тепловое воздействие на оборудование и трубопроводы, поражение персонала

Таблица 3 - Вероятности возникновения аварийных ситуаций

Сценарий аварийной ситуации	Вероятность реализации сценария, год ⁻¹
Наружная площадка	
C1– горение парагазового облака	1,1×10 ⁻⁶
C2– взрыв парагазового облака	1,1×10 ⁻⁷
C3– рассеивание парагазового облака	3,3×10 ⁻⁶
C4 – пожар пролива	4,5×10 ⁻⁶
Насосная	
C1– горение парагазового облака	5,5×10 ⁻⁴
C2 – взрыв парагазового облака	5,5×10 ⁻⁴
C3 – рассеивание парагазового облака	1,65×10 ⁻³
C4 – пожар пролива	2,25×10 ⁻³

Ниже в таблицах 4-8 приведены данные о максимальных размерах зон действия поражающих факторов при взрывах паро-

газовых облаков, огненных шаров, при пожарах пролива, токсических волнах и о размерах зон взрывоопасной загазованности (ВВЗ).

Таблица 4 - Характеристики поражающего действия взрывов

Оборудование, место выброса	М, т	D, м	Радиус изобар (м) избыточного давления во фронте ударной волны				
			100 кПа	40 кПа	20 кПа	10 кПа	5 кПа
<i>Нефтеперерабатывающий завод. Установка ЭЛОУ-АВТ-2</i>							
Колонна К-2	10,8	82	54	47	134	229	411
<i>Установка ЭЛОУ-АВТ-3</i>							
Колонна К-2	15,4	62	53	93	151	259	466
<i>Установка ЭЛОУ-АВТ-6</i>							
Колонна К-2	68,1	117	87	153	248	425	765

Примечание: М – масса опасного вещества, участвующего в аварии, D – диаметр парагазовоздушного облака для стехиометрического соотношения.

Таблица 5 - Характеристики поражающего действия огненных шаров

Оборудование и место разгерметизации	М, т	D, м	Т, сек	Ожоги и болевой порог на расстоянии, м			
				3 ст.	2 ст.	1 ст.	БП
<i>Нефтеперерабатывающий завод. Установка ЭЛОУ-АВТ-2</i>							
Колонна К-2	10,7	113	15	148	189	271	477
<i>Установка ЭЛОУ-АВТ-3</i>							
Колонна К-2	15,4	125	17	168	212	304	537
<i>Установка ЭЛОУ-АВТ-6</i>							
Колонна К-2	68,1	117	87	153	248	425	765

Примечание: М – масса опасного вещества, участвующего в аварии, D – диаметр огненного шара, Т – время горения огненного шара.

Таблица 6 - Характеристика возможных взрывоопасных зон

Оборудование и место разгерметизации	М, т	Характеристика зон			
		Длина, м	Ширина, м	Высота, м	Время существования, мин
<i>Нефтеперерабатывающий завод. Установка ЭЛОУ-АВТ-2</i>					
Колонна К-2	18,5	900	48	17	15
<i>Установка ЭЛОУ-АВТ-3</i>					
Колонна К-2	15,4	1000	48	19	17
<i>Установка ЭЛОУ-АВТ-6</i>					
Колонна К-2	68,1	1900	78	27	28

Примечание: М – масса опасного вещества, участвующего в аварии.

Таблица 7 - Характеристика пожаров пролива

Оборудование и место разгерметизации	М, т	Т, мин	Н, м	S, м ²
<i>Нефтеперерабатывающий завод. Установка ЭЛОУ-АВТ-2</i>				
Колонна К-5	114,2	53	24	26
<i>Установка ЭЛОУ-АВТ-3</i>				
Электродегидратор Е-4	252	19	64	5478
<i>Установка ЭЛОУ-АВТ-6</i>				
Колонна К-2	156	53	29	3302

Примечание: М – масса опасного вещества, участвующего в аварии, Н – высота пламени, Т – время горения пролива, S – площадь пролива.

Таблица 8 - Характеристика токсических волн

Место выброса	Вещество	Погода: состояние атмосферы	V, м/с	М, т	Пороговое поражение		Летальное поражение	
					L, км	t, ч	L, км	t, ч
<i>Нефтеперерабатывающий завод. Установка ЭЛОУ-АВТ-2</i>								
Емкость А-17	Аммиак	Инверсия	1	4,7	1,9	1,5	-	-
<i>Установка ЭЛОУ-АВТ-3</i>								
Емкость Е-9	Аммиак	Инверсия	1	6,3	2,2	1,5	-	-

Примечание: V – скорость ветра; L – глубина зоны заражения; t – время формирования зоны по-

Таким образом, величина возможной взрывоопасной зоны, образующейся при дрейфе взрывоопасного облака, показала, что она может распространиться на расстояние порядка 1900 м от места выброса. Время существования взрывоопасной зоны 28 минут.

Согласно полученным результатам на анализируемом объекте возможны несколько типов аварий, связанных с опасными свойствами обращающихся веществ: взрыв, огнен-

ный шар, пожар пролива. Наибольшую опасность представляют взрыв и пожар пролива.

Сильные разрушения оборудования и трубопроводов не выходят за территорию установки ЭЛОУ+АВТ- 6.

Возможна взрывоопасная загазованность территории производства и прилегающих объектов на расстояниях до 1900 м от места выброса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 10 января 2023г. №4 «Об утверждении Руководства по безопасности «Методика анализа риска аварий на опасных производственных объектах нефтегазодобычи». – Текст: электронный // URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/406297851> (дата обращения: 10.11.2023).

2. Консультант Плюс: сайт: интернет-версия. – Текст: электронный // URL: <https://www.consultant.ru> (дата обращения: 10.11.2023).

3. Приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 3 ноября 2022 г. № 387«Об утверждении Руководства по безопасности «Методика анализа риска аварий на опасных

производственных объектах» – Текст: электронный //URL: <https://kubacentr.ru/images/docs/> (дата обращения: 10.11.2023).

4. **Мартынович В.Л.** Оценка поражающих факторов аварий на взрывопожароопасных производствах: учебное пособие / В.Л. Мартынович, М.В. Омельчук, Л.Б. Хайруллина; Тюменский индустриальный университет. – Тюмень: ТИУ, 2018. – 78 с. – Текст: непосредственный.

5. **Галлямова Э.И.** Оценка производственных рисков как метод управления безопасностью в нефтяной и газовой промышленности. – Текст: электронный //Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». 2016.№3//–URL: <http://ogbus.ru/files/ogbus> (дата обращения: 11.11.2023).