

АНАЛИЗ РИСКА АВАРИЙ НА ПРИМЕРЕ УСТАНОВКИ ГИДРООЧИСТКИ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА

К.К. Оспанов (Академия Государственной противопожарной службы МЧС России)

Рассмотрен анализ риска возникновения аварий на опасном производственном объекте на примере технологической установки гидроочистки дизельного топлива комплекса первичной переработки нефти ЛК-6У Павлодарского нефтехимического завода. Проведена оценка вероятности аварийных событий и моделирование вероятности возникновения аварийных событий на опасном производственном объекте. Предложено снизить уровень пожаровзрывоопасности объекта путем применения автоматизированных систем противоаварийных и противопожарных защит.

Ключевые слова: риск, авария, противоаварийная и противопожарная защита, метод оценки рисков, установка гидроочистки дизельного топлива.

Введение

Предприятия нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности из-за свойств перерабатываемых и изготавливаемых продуктов, технологического процесса признаются объектами повышенной опасности. Ежегодно происходят аварии, в результате которых жертвами становятся люди, наносится крупный материальный ущерб производству и окружающей среде. Статистика показывает, что ущерб от аварий нефтегазовой индустрии в мире только за 2018-2019 гг. составил около 4,5 млрд. долл. США.

Процесс гидроочистки дизельного топлива является взрывопожароопасным, в связи с чем актуальной задачей является обеспечение и повышение уровня его пожарной безопасности [1]. Для решения этой задачи необходимо выполнить анализ риска возникновения аварий на опасном производственном объекте (ОПО).

Основными этапами анализа риска аварий на ОПО [2] являются:

1. определение уровня опасности ОПО и составляющих его частей методом экспертной оценки (выявление возможных опасностей, инициирующих аварийные события, опасные события реализации аварии и частоты их возникновения, оценка последствий возможных событий, а также их обобщение);
2. определение величины риска (моделирование и расчет величины риска в соответствии с разработанной логической схемой возникновения и развития аварии);
3. разработка рекомендаций по снижению риска.

Выполним анализа риска возникновения аварий на примере технологической установки гидроочистки дизельного топлива (ТУ ГДТ) комплекса первичной переработки нефти (КППН) ЛК-6У Павлодарского нефтехимического завода (ПНХЗ). Для моделирования и расчета риска аварий будем использовать программный комплекс автоматизированного расчета безопасности и технического риска ПК АРБИТР [3].

Оценка опасности ОПО и составляющих его частей

Технологический процесс гидроочистки дизельного топлива ведется в секции С-300/1 КППН ЛК-6У ПНХЗ. Наиболее опасным блоком в ТУ ГДТ является реакторный блок Р-301/1. Основными факторами, определяющими опасность, являются: большое количество обрабатываемых взрывопожароопасных веществ (15 т. паров дизельной фракции), большая концентрация углеводородных газов в смеси, а также высокие значения параметров технологического процесса (температура в пределах 330...420° С, давление 3...6, 4 МПа), токсичность применяемых продуктов (выделение сероводорода и аммиака).

Наибольшую опасность для ТУ ГДТ представляет выход параметров технологического процесса за критические показатели, вследствие чего возможно совокупное

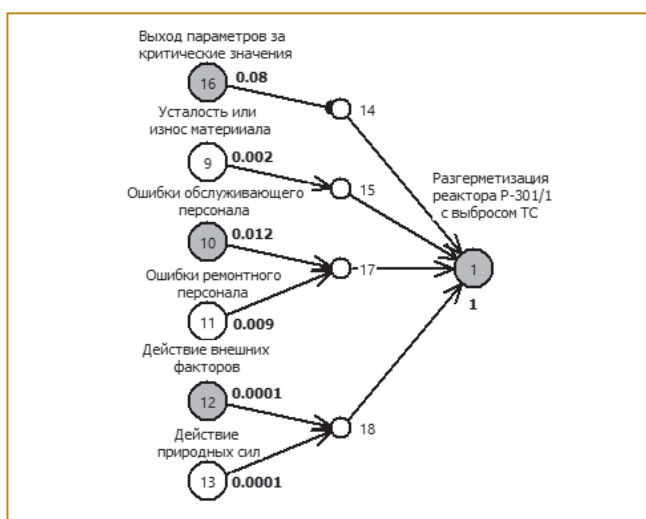


Рис. 1. СФЦ «дерево отказов» аварии Р-301/1 с выбросом ТС

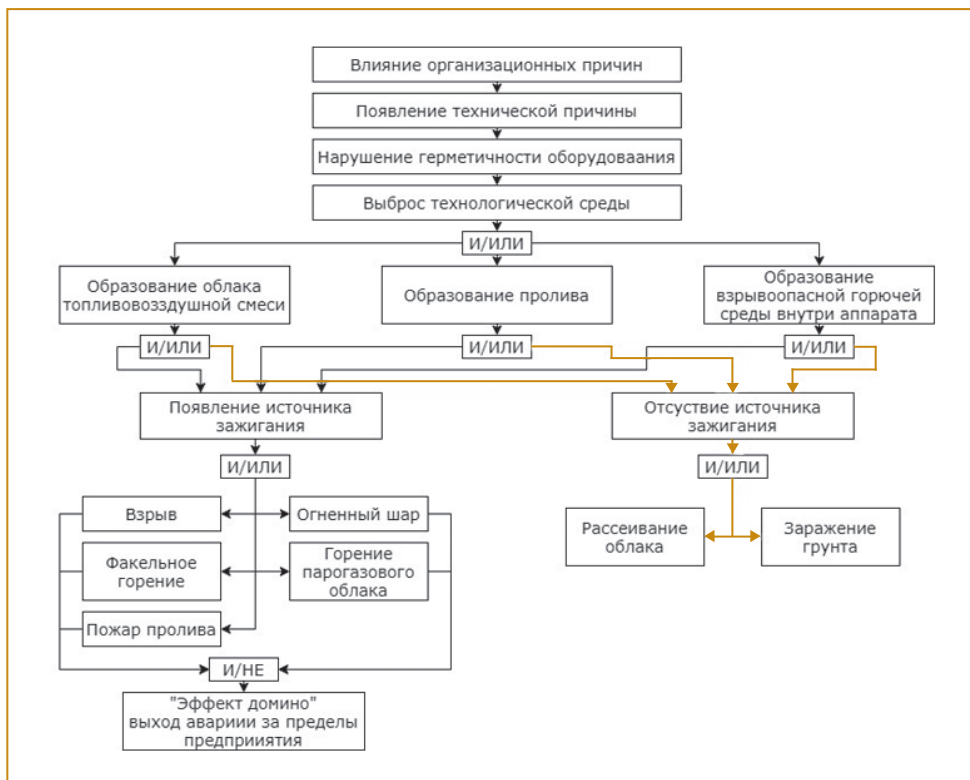


Рис. 2. Обобщенный алгоритм развития аварии на ТУ ГДТ

Таблица 1. Сравнительные результаты моделирования наиболее опасных событий аварии реактора Р-301/1

Номер вершины (событие)	Иницирующее событие 16 $P_i=0,08$	Иницирующее событие 16 $P_i=0,04$	Снижение вероятности возникновения аварийного события при условии $P_i=0,04$
55	0,002	0,0012	60 %
66	0,0009	0,0005	56 %
88	0,0404	0,0248	61 %
101	0,0434	0,0266	61 %

воздействие опасных факторов на технологическое оборудование и аппаратуру с последующей разгерметизацией. На рис. 1 приведено дерево отказов головного события с вершиной 1 – разгерметизация реактора Р-301/1 с последующим выбросом технологической среды (ТС), представленное в виде схемы функциональной целостности (СФЦ), где аварийные события показаны функциональными вершинами, а ребра соответствуют логическим операциям ИЛИ/И. Условные вероятности возникновения событий отражены на ребрах соответствующего события.

На рис. 2 представлен обобщенный алгоритм развития аварии на ТУ ГДТ [4].

Рассмотрим диаграмму «галстук-бабочка» разгерметизации реактора Р-301/1 с выбросом ТС, где левая часть головного события есть «дерево отказов», правая сторона – «дерево событий».

Из дерева событий видно, что головным является событие 1 (разгерметизация реактора Р-301/1 с условной вероятностью 1). Риск возникновения головного

события равен сумме событий 2 (с мгновенным воспламенением) и 22 (без мгновенного воспламенения). В нижней части каждого возможного исхода указана условная вероятность события, а суммарное сочетание несовместных иных вариантов развития событий равна 1. Риски последующих событий распределены аналогично.

Вершинами 100, 101 и 102 логически отмечены события, приводящие к минимальному, среднему и наибольшему ущербу в результате аварии. На рис. 4 представлена диаграмма отрицательных вкладов событий, приводящих к наибольшему ущербу (вершина 101). Наиболее отрицательно значимым иницирующим событием следует считать выход параметров за критические значения (вершина 16).

Исходя из рис. 4, следует уменьшить риск возникновения иницирующего события 16 (выход параметров за критические значения) и провести расчет, уменьшив вдвое вероятность реализации события. Результаты представлены в табл. 1.

Исходя из полученных результатов моделирования риска реализации аварийных событий (табл. 1) для снижения риска возникновения аварии по причине выхода технологических параметров за критические значения целесообразно усовершенствовать контур безопасности с системой противоаварийной (ПА) и противопожарной (ППЗ) защиты с вершиной 27.

Согласно [5], при определении условных вероятностей реализации различных сценариев должны приниматься во внимание условные вероятности эффективного срабатывания систем ПА и ППЗ. Используя данные [10], в табл. 2 представим три варианта состояния систем ПА и ППЗ и влияние их на риск возникновения наиболее опасных событий.

Из табл. 2 следует, что применение на ОПО действующей системы ПА и ППЗ с системой контроля позволяет уменьшить условный риск реализации опасных событий в 2,8 раза.

На основе статистических данных о частоте возникновения аварийных событий по типу оборудования [6] проведен расчет пожарного риска R на технологической установке гидроочистки дизельного топлива, равный $1,01 \cdot 10^{-7}$ год⁻¹. Значение пожарного риска на технологической установке гидроочистки дизельного топлива при внедрении на объекте защиты элементов системы ПА и ППЗ уменьшится за счет снижения условной вероятности реализации пожароопасной ситуации «огненный шар», «горение или взрыв облака» и увеличения вероятности рассеива-

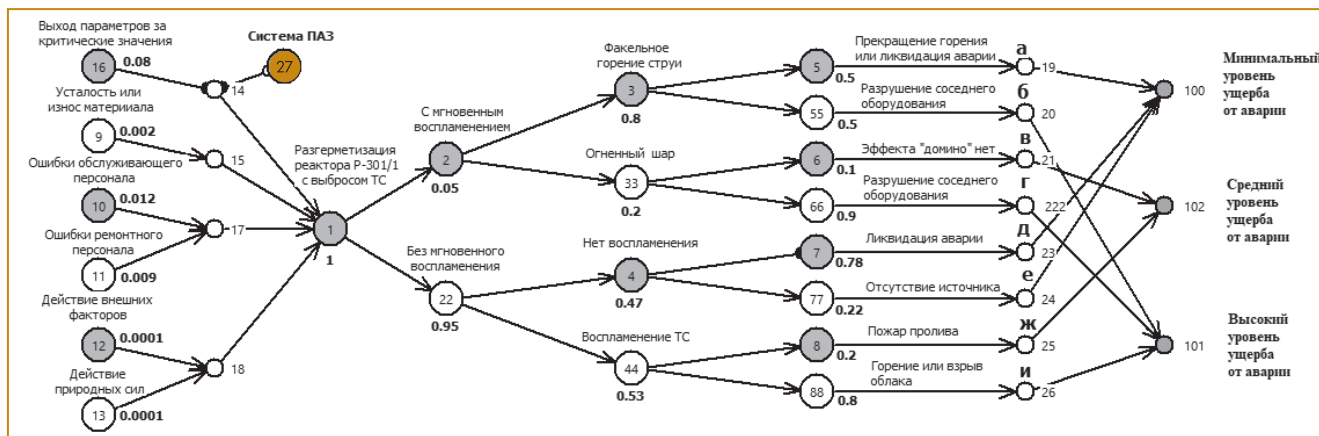


Рис. 3. СФЦ «галстук-бабочка» аварии Р-301/1 с выбросом ТС

Таблица 2. Результаты расчета вероятности реализации наиболее опасных событий

№	Состояние системы противоаварийной и противопожарной защиты	Условная вероятность эффективного срабатывания	Вероятность реализации одного из наиболее опасных событий вершины 101
1	Несоблюдение нормативных требований при проектировании, монтаже, эксплуатации	0	0,0434
2	При отсутствии контроля за работоспособностью	0,5	0,0266
3	При наличии контроля за работоспособностью	0,95	0,0155

ния взрывоопасного облака, которая будет равна вероятности срабатывания системы ПА и ППЗ.

Закключение. Технические рекомендации

Для снижения аварийной опасности и повышения уровня пожаровзрывобезопасности ТУ ГДТ КППН ЛК-6У ПНХЗ эксперты предложили внедрить в контур ПА и ППЗ:

- 1) систему продувки азотом змеевика трубчатой печи П-301 при разгерметизации;
- 2) систему пожаротушения по периметру трубчатой печи П-301;
- 3) оптических газоанализаторов с двухпороговой сигнализацией и управлением ПА и ППЗ.

После реализации предложенных мероприятий R будет составлять $2,51 \cdot 10^{-8}$ год⁻¹. Таким образом, при

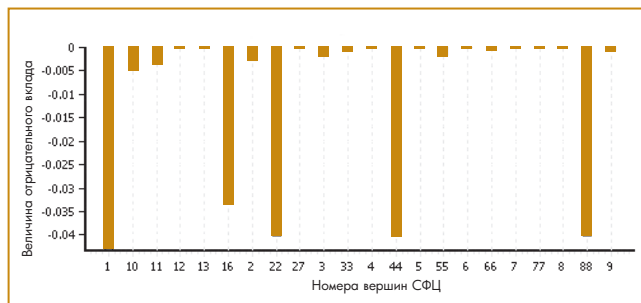


Рис. 4. Диаграмма отрицательных вкладов событий, приводящих к наибольшему ущербу

применении системы ПА и ППЗ на ТУ ГДТ можно снизить риск возникновения аварии в среднем в 4 раза.

Список литературы

1. Кожемякин М. Ю., Черкасова Е. И. Гидроочистка дизельного топлива // Вестник технологического университета. 2015. Т.18, №23. С. 28.
2. Скворцов М.С. Проектирование систем ПАЗ с учётом анализа опасностей и риска аварий на опасном производственном объекте // Автоматизация в промышленности. 2018. №. 3. С. 61.
3. Нозик А.А., Струков А.В., Можяева И.А. Программная реализация методов количественного анализа риска аварий опасных производственных объектов на основе логики-вероятностного и логико-детерминированного подходов // Наука и Безопасность. №2 (20), июнь, 2016. С.-26.
4. Федоров А.В., Оспанов К.К., Ломаев Е. Н., Алешков А. М., Минцаев М. Ш. Анализ статистики и причинно-следственных связей аварий на объектах нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности России и Казахстана // Технологии техносферной безопасности. 2021. 2 (92). С.156-168.
5. Об утверждении методики определения расчётных величин пожарного риска на производственных объектах. Приказ МЧС России № 404 от 10.07.2009 г. Приложение 2.
6. Пособие по определению расчётных величин пожарного риска для производственных объектов. М: ВНИИПО МЧС России. 2012. С.160.

Оспанов Кайрат Кельденович - адъюнкт факультета подготовки научно-педагогических кадров Академии Государственной противопожарной службы МЧС России. E-mail: kairat_ospanov90@bk.ru