

## **АННОТАЦИЯ**

**на статью Хусниярова М.Х. «Анализ риска эксплуатации оборудования установок нефтепереработки»**

**В статье приведена последовательность проведения анализа риска установок нефтепереработки. Рассмотрены возможности использования существующих методов оценки последствий возможных аварийных ситуаций на установках нефтепереработки и методы оценки вероятности возникновения и развития аварийной ситуации.**

**Рассмотрены различные мероприятия направленные на обеспечение требуемого уровня безопасности конкретного объекта нефтепереработки.**

УДК 621.64

## **АНАЛИЗ РИСКА ЭКСПЛУАТАЦИИ ОБОРУДОВАНИЯ УСТАНОВОК НЕФТЕПЕРЕРАБОТКИ**

Хуснияров М.Х

Уфимский государственный нефтяной технический университет

Технологические установки и объекты нефтепереработки (НПП) относятся к сложным технологическим системам, которые предназначены для реализации процессов переработки углеводородного сырья в товарные продукты или полуфабрикаты, предназначенные для дальнейшей переработки. К элементам этой технологической системы относятся не только основное технологическое оборудование (колонные аппараты, реактора, технологические трубопроводы, резервуары, насосно-компрессорное оборудование и т.д.), но и оборудование которое предназначено для регламентированного функционирования технологического оборудования (оборудование электроснабжения, системы КИП и А, системы водоснабжения и канализации и т.д.). Число элементов технологической установки НПП, способных в той или иной мере повлиять на возникновение и развитие аварийной ситуации, в зависимости от сложности установки, может достигать от нескольких сотен до тысяч. В связи с этим анализ риска подобных технологических систем задача достаточно сложная, требующая знаний технологии, особенностей элементов системы и взаимосвязи их между собой. В настоящее время для сложных технических систем авиационной и

космической промышленности, атомной энергетике методология анализа риска разработана и апробована достаточно широко. Адаптация этих методов к условиям НПП и возможность их использования при анализе риска установок и объектов нефтепереработки проблема актуальная и необходимая в настоящее время.

Риск эксплуатации промышленных предприятий, как правило, связан с неконтрольным высвобождением энергии или утечками взрывопожароопасных или токсических веществ. При чем реальную опасность для окружающих представляет не все предприятия, а отдельные его структурные подразделения (установки, цеха, производства, склады и т.д.). Вполне очевидно, что одни подразделения предприятия более опасны, чем другие, и для эффективного проведения анализа, необходимо разбить предприятие на подсистемы, чтобы выявить участки и подразделения, являющиеся источниками опасности и далее оценить их риск. Для любой технологической системы анализ риска должен осуществляться поэтапно. Как известно анализ риска состоит из предварительного анализа т.е идентификация опасности, анализа частоты реализации опасных событий и анализа последствий[1,2].

На первом этапе – предварительном этапе, выявляются:

**-источники опасности**, то есть возможность утечки токсических веществ, возможность взрыва или пожара на объекте;

**-определяются элементы системы**, которые могут привести к проявлению опасности;

**-вводятся определенные ограничения** на анализ риска технических систем исходя из реальных условий существования данной системы. К примеру, нет смысла в условиях НПП рассматривать параметры риска, связанные с разрушением технологического оборудования в результате падения самолета, метеорита и т.д. Аварийные события возникшие в результате отказа оборудования, ошибок персонала, поражения молнией, перепада температур должны быть приняты во внимания и тщательно проанализированы.

**-определение граничных условий для технологических процессов и оборудования**, т.е. критических значений параметров для технологических процессов (значения одного или нескольких параметров, при которых возможно взрыв в технологической системе или разгерметизация системы) и значения параметров эксплуатации оборудования, при которых возможно разрушения оборудования или отказ оборудования способный привести к разгерметизации системы.

На следующем этапе анализа риска проводятся анализ последствий аварийной ситуации, которая может возникнуть.

При проведении анализа частоты реализации опасных событий используются известные методы оценки риска. Применяемые методы анализа риска (или их сочетание) должны удовлетворять определенным требованиям, основными из которых являются:

- научная обоснованность и соответствие рассматриваемой системе, результаты анализа можно получить в виде, облегчающем понимание характера риска, и обозначать пути его снижения,

- повторяемость и проверяемость метода, и который также должен соотноситься с: целью проводимого анализа; характером опасности; критериями приемлемого риска для анализируемой системы; наличием, качеством, объемом и достаточностью информации.

Методы анализа риска подразделяются на качественные, при использовании которых, результаты представляют в виде текстового описания, таблиц, диаграмм, полученных путем применения инженерных методов анализа опасностей и экспертных оценок количественным анализом, и количественные - основные результаты получают путем расчета количественных показателей риска.

Технологические установки и объекты нефтеперерабатывающих предприятий (НПП) обладают рядом специфических особенностей, которые требуют особого подхода при анализе риска и использовании известных методов и методик оценки последствий возможных аварийных ситуаций, а также оценка вероятности возникновения и развития аварийной ситуации. Специфика установок нефтепереработки определяется высокими взрывопожароопасными свойствами технологических сред, обрабатываемых в оборудовании, высокой температурой и повышенным давлением при реализации технологических процессов. Анализ оборудования установок НПП, как элементов сложной технологической системы, по содержанию взрывопожароопасных веществ, количеству каждого вида оборудования на установках и частоте и характерам отказов и неполадок позволил условно поделить его на следующие виды: колонные аппараты, резервуары и емкости, теплообменное оборудование, нагревательные печи, насосно-компрессорное оборудование, технологические трубопроводы .

Учитывая специфику установок НПП и современные методы анализа риска

опасных производственных объектов, которые использовались для решения подобных проблем в других отраслях промышленности, предлагаются следующие основные этапы анализа риска эксплуатации установок нефтепереработки (рисунок 2.1) [81]. На первом (I) проводится идентификации опасности данного объекта, под которой понимается процесс ее выявления с учетом особенностей промышленного объекта (технологии, параметров конструкции применяемого оборудования, физико-химических свойств обращающихся веществ, их количества и т.д.) и определения характеристик, в результате чего составляется перечень нежелательных событий, приводящих к аварии [2,3].

В ходе идентификации опасности установок НПП необходимо определить количество каждого вещества, которое находится в емкостном оборудовании (колонных аппаратах, емкостях, резервуарах), содержащих наибольшее количество опасных веществ, и в нагревательных печах, как аппаратах с огневым обогревом. При выявлении количества вещества в каждом виде оборудовании необходимо учесть их агрегатное состояние, установить и уточнить (2) технологические параметры эксплуатации оборудования (температура и давление технологической системы, соотношения отдельных компонентов), физико-химические свойства веществ (пределы взрываемости, температуры самовозгорания, температуры вспышки и т.д). Кроме этого необходим анализ наиболее характерных дефектов и неполадок (3) с учетом количества отказов по каждому виду оборудования (колонны, резервуары, емкости, технологические трубопроводы, нагревательные печи, насосы и компрессоры).

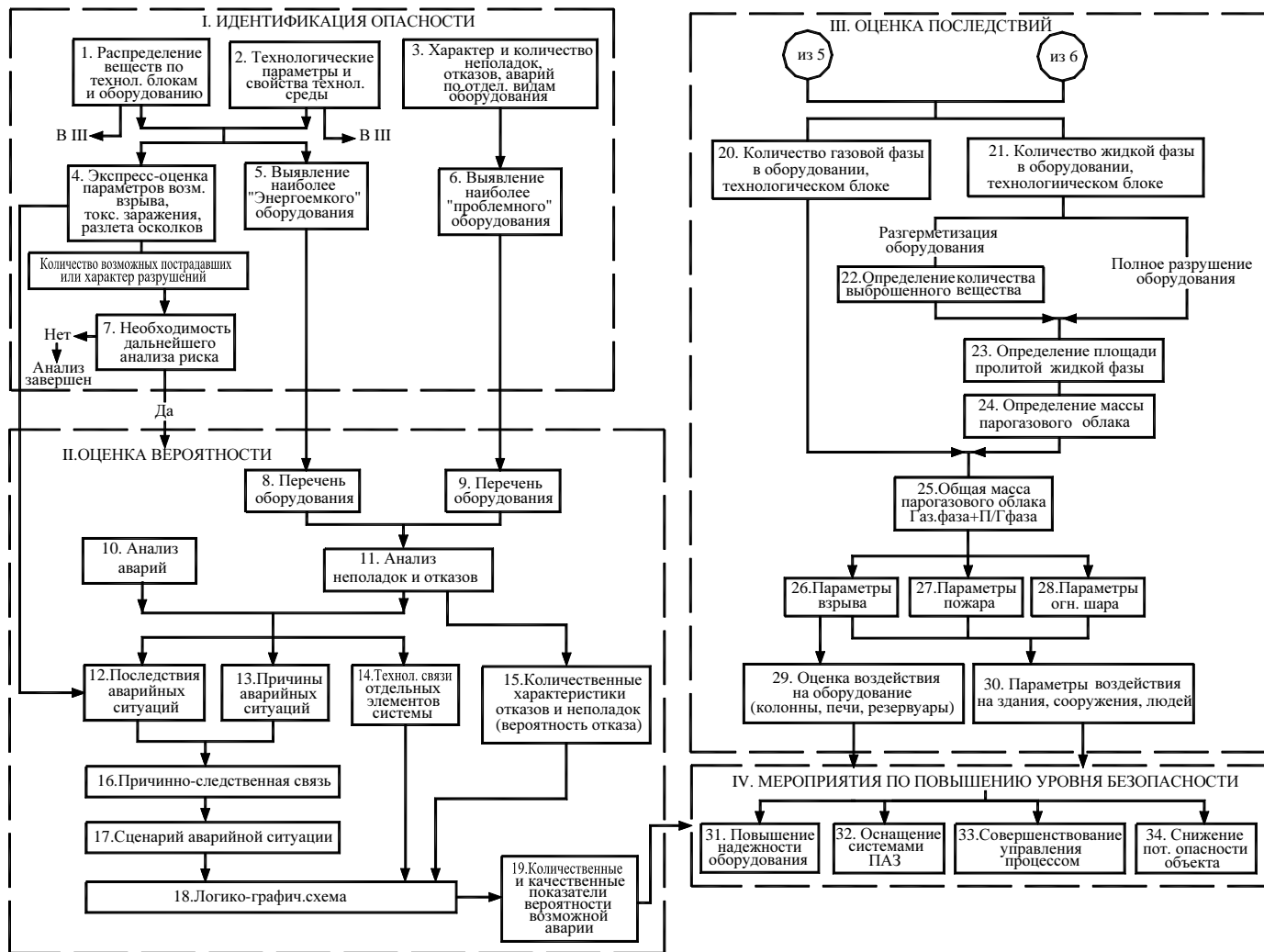


Рисунок 1 –  
этапы анализа

Основные  
риска

установки НПП

На основе анализа распределения веществ по отдельным видам оборудования, агрегатному состоянию веществ и технологическим параметрам выявляется наиболее «энергоёмкое» оборудования (5), под которым в данном случае понимается оборудование, содержащее наибольшее количества углеводородного вещества. По результатам анализа количества отказов и неполадок выявляется наиболее «проблемное» оборудование (6), т.е. оборудование которое имеет наибольшее количество отказов, способных привести к аварийной ситуации.

На основе распределения веществ в каждом элементе оборудования и с учетом из физико-химических свойств необходимо провести экспресс оценку (4) параметров возможного взрыва, пожара, характеристику токсического заражения с определением зон поражения и количеством возможных жертв. Экспресс оценку можно провести по известным методике [4,5], которая позволяет в короткие сроки с достаточной точностью для данного этапа, определить возможные последствия аварийной ситуации на установке НПП.

В результате экспресс методов определяется последствия возможной аварийной ситуации (радиусы разрушений и количество пострадавших) и принимается решение о дальнейшем более детальном проведении анализа риска.

В случае принятия решения об относительной безопасности промышленного объекта и нецелесообразности проведения дальнейшего анализа риска разрабатываются организационные мероприятия по поддержанию существующего уровня безопасности данного объекта (периодическая подготовка и аттестация персонала, своевременный и качественный ремонт оборудования, ведение технологического режима в пределах регламентированных параметров и т. д.).

При необходимости проведения дальнейшего анализа риска проводится его оценка, которая состоит из анализа частоты возникновения аварийной ситуации и последствий аварийной ситуации. Анализ частоты заключается в определении вероятности возникновения определенной опасности, при этом используются качественные (логические методы, экспертные оценки) [6-9] и количественные (использующие, статистические данные по аварийности и надежности технологической системы, соответствующие типу объекта или виду деятельности, а также "пробит" – Pr - функцию) методы оценки [10-11].

На основе перечня наиболее "энергоёмкого"(8) и "проблемного"(9) оборудования производится анализ неполадок и отказов оборудования (11) и анализ аварий (10) ранее произошедших на данном или подобных объектах. Результатом анализа

неполадок и аварий является последствия аварийных ситуаций (12), причины возникновения аварийных ситуаций (13). На основе этого выявляются причинно-следственные связи (16) отдельных событий, приводящих к аварийной ситуации, и сценарии возможных аварийных ситуаций (17). Количественные характеристики (15) отказов и неполадок оборудования (вероятность отказа, интенсивность потока отказов, средняя наработка на отказ) определяется по известным математическим зависимостям, принятым в теории надежности, для каждого вида отказа или неполадки [2,12].

По известным сценариям возникновения и развития аварийных ситуаций с учетом технологических связей отдельных элементов технологической схемы и количественных характеристик отказов и неполадок строятся логико-графические схемы (18) развития аварийных ситуаций для наиболее "энергоемкого" и "проблемного" оборудования, перечень которого выявлен ранее. Результатом данного этапа анализа риска - оценки вероятности возникновения аварийной ситуации - являются количественные показатели (19), полученные с помощью логико-графических схем.

Третий этап анализа риска эксплуатации оборудования НПП – анализ последствий включает оценку воздействий взрыва, пожара на людей, имущество, окружающую среду. Для прогнозирования последствий необходимо оценить физические эффекты нежелательных событий (пожара, взрыва, токсического выброса). Анализ последствий от аварийных событий на установках НПП проводится на основе ранее проведенного распределения веществ по технологическим блокам и по отдельным видам оборудования (1), с учетом технологических процессов и физико-химических свойств технологической среды (2). На начальной стадии определяется количество газовой (20) и жидкой фазы в оборудовании (21). Газовая фаза при разгерметизации оборудования в полном объеме участвует в образовании взрывоопасного облака. При оценке поведения жидких углеводородов в результате разгерметизации оборудования рассматриваются варианты с полным разрушением оборудования и участием в формировании площади испарения и взрывоопасного облака всего объема жидкой фазы. Кроме этого, необходимо учесть вариант разгерметизации оборудования в результате появления дефектов в оборудовании (трещины, разгерметизация запорной арматуры, действие коррозии). Для этого необходимо определить количества выброшенного вещества и площадь разлива жидких углеводородов (24). Количество выброшенного вещества оценивается по форме и размерам отверстия с учетом физических свойств жидких продуктов по известным из гидравлики зависимостям. По

физическим свойствам, параметрам эксплуатации и по площади пролива определяется масса парогазового облака, образованного при испарении с поверхности разлива жидкой фазы (24). Параметры взрывного воздействия на окружающие объекты (26), теплового воздействия пожара пролива (27) и огневого шара (28) определяются на основе общей массы парогазового облака (25) образованного в результате суммы количества газовой (20) и паровой фазы (24) [13]. На основе полученных результатов определяется воздействие на здания сооружения и количество возможных пострадавших (30). Для определения возможности разрушения наиболее "энергоемкого" оборудования (колонных аппаратов, резервуаров, нагревательных печей) и дальнейшего развития аварий по принципу "домино" необходимо провести оценку воздействия взрывной волны на это оборудование (29) .

Результатом анализа риска (оценки последствий аварийной ситуации и оценки вероятности возникновения аварийной ситуации) является разработка мероприятий направленных на повышение надежности оборудования (31), оснащение системами ПАЗ (32), совершенствование управление технологическим процессом (33) и снижение "потенциальной опасности" объекта (34).

Под "повышением надежности оборудования" в данном случае понимается комплекс мероприятий, направленных на снижение вероятности возникновения аварийной ситуации в результате отказа или неполадки отдельных видов оборудования. К данному блоку так же можно отнести мероприятия по замене устаревшего оборудования на современное и более надежное, повышение качества ремонта оборудования, более эффективную защиту оборудования от коррозии, использование герметичных насосов для перекачки сжиженных газов и ЛВЖ и т.д. Оснащение установок НПП системами ПАЗ, которые предназначены для контроля достижения значений технологических параметров критических и своевременным переводом системы в безаварийное состояние, является в настоящее время обязательным условием при проектировании, строительстве и реконструкции установок. Под "совершенствованием управления технологических процессов" понимаются мероприятия, направленные на своевременное обнаружение изменения технологических параметров и предупреждение возникновения аварийной ситуации за счет внедрения экспертных систем и повышения уровня подготовки обслуживающего персонала. Под "снижением потенциальной опасности объекта" подразумеваются технологические мероприятия направленные на снижение потенциальной опасности объекта, а именно снижение технологических параметров процессов (температуры, давления), замена отдельных

компонентов технологической системы, обладающих высокой взрывопожароопасными свойствами на вещества с более низкими взрывопожароопасными свойствами, снижение количества взрывопожароопасных и токсически опасных веществ одновременно находящихся на объекте и т.д.

1. Методические указания по проведению анализа риска опасных промышленных объектов. РД 08-120-96.

2. Хенли Э., Куамамото Х. Надежность технических систем и оценка риска. М., Машиностроение, 1984. – с.12-13

3. Химельблау Д. Обнаружение и диагностика неполадок в химических и нефтехимических процессах. Ленинград, «Химия», Ленинградское отделение. 1983.

4. Методика оценки последствий аварий на пожаро- взрывоопасных объектах. - М.: ВНИИ ГОЧС, 1994.- С. 5-10.

5. Экспресс-методика прогнозирования последствий взрывных явлений на промышленных объектах. - М.: ВНИИ ГОЧС, 1994.- С. 3-8.

6. Стандарт МЭК «Техника анализа надежности систем. Метод анализа вида и последствий отказов». Публикация 812 (1985г.) М., 1987. 23с.

7. ГОСТ Р 27.310-93. Анализ видов, последствий и критичности отказов. Основные положения.

8. Robinson В.М. Risk Assessment in the Chemical Industry, RSA 5/78, CEC, Joint Research Center, ISPRA, Italy, 1978.

9. IEC 1025: 1990 – Fault tree analysis (FTA)/ Стандарт МЭК «Анализ дерева неполадок», 1990.

10. ГОСТ 12.1.004-91. Пожарная безопасность.

11. НПБ 107-97. Определение категорий наружных установок по пожарной опасности. -М: МВД РФ ГПС, 1997. -С. 13.

12. Капур К., Ламберсон Л. Надежность и проектирование систем. М., Мир, 1980 С.23-25,

13. Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств. ПБ 09-170-97. – М.: ОБТ, 1998.- С. 48, 60.