

УДК 614.83:665

**Ю. С. Радченко**, кандидат технических наук, доцент (БГТУ)**АНАЛИЗ РИСКА ЭКСПЛУАТАЦИИ НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ОБЪЕКТОВ**

В работе приведена последовательность проведения анализа риска установок нефтепереработки. Рассмотрены возможности использования существующих методов оценки последствий аварийных ситуаций на установках нефтеперерабатывающих предприятий и методы оценки вероятности возникновения и развития аварийной ситуации. Предложены различные мероприятия, направленные на обеспечение требуемого уровня безопасности объектов нефтепереработки.

Consistency of carrying out of risk analysis of oil-refining enterprises has been given in the article. Possibilities of existing methods of assessment of aftereffects at oil-refining enterprises and methods of estimation of possibility of origin of emergency have been considered. Some activities that are directed to ensuring of the demanded level of safety of oil-refining enterprises have been suggested.

**Введение.** Технологические установки и объекты нефтепереработки (НПП) относятся к сложным технологическим системам, которые предназначены для реализации процессов переработки углеводородного сырья в товарные продукты или полуфабрикаты, идущие на дальнейшую переработку. К элементам этой технологической системы относятся не только основное технологическое оборудование (колонные аппараты, реакторы, технологические трубопроводы, резервуары, насосно-компрессорное оборудование и т. д.), но и оборудование, которое предназначено для регламентированного функционирования технологического оборудования (оборудование электроснабжения, системы КИПиА, 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 энергетики методология анализа риска разработана и опробована достаточно широко. Адаптация этих методов к условиям НПП и возможность их использования при анализе риска установок и объектов нефтепереработки – актуальная проблема в настоящее время.

**Основная часть.** Риск эксплуатации промышленных предприятий, как правило, связан с бесконтрольным высвобождением энергии или утечками взрывопожароопасных или токсических веществ. Причем реальную опасность для окружающих представляет не все предприятие, а отдельные его структурные подразделения (установки, цехи, 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 [1].

Технологические установки и объекты нефтеперерабатывающих предприятий обладают рядом специфических особенностей, которые требуют особого подхода при анализе риска и использовании известных методов и методик оценки последствий возможных аварийных ситуаций, а также оценки вероятности возникновения и развития аварийной ситуации. Специфика установок нефтепереработки определяется высокими взрывопожароопасными свойствами технологических сред, обращающихся 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, 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 нефтепереработки 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.

На первом этапе проводится идентификация 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.

В ходе идентификации опасности необходимо определить количество каждого вещества, которое находится в емкостном оборудовании (колонных аппаратах, емкостях, резервуарах) и в нагревательных печах как аппаратах с огневым обогревом, и выделить элементы с наибольшим содержанием опасных веществ. При выявлении количества вещества в каждом виде оборудования необходимо учесть их агрегатное состояние, установить и уточнить технологические параметры эксплуатации оборудования (температура и давление 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 с учетом количества отказов по каждому виду оборудования (колонны, резервуары, емкости, трубопроводы, нагревательные печи, насосы и компрессоры).

На основе анализа распределения веществ по отдельным видам оборудования, агрегатному состоянию веществ и технологическим параметрам выявляется наиболее «энергоемкое» оборудование, под которым в данном случае понимается оборудование, содержащее наибольшее количество углеводородного вещества. По результатам анализа количества отказов и неполадок выявляется наиболее «проблемное» оборудование, т. е. оборудование, которое имеет наибольшее количество отказов, способных привести к аварийной ситуации. На основе распределения веществ в каждом элементе оборудования и с учетом их физико-химических свойств необходимо провести экспресс-оценку параметров возможного взрыва, пожара, характеристику токсического заражения с определением зон поражения и количеством возможных жертв. Экспресс-оценку можно провести по известным методикам [1–3], которые позволяют в короткие сроки с достаточной точностью для данного этапа определить возможные последствия аварийной ситуации на установках нефтепереработки, на основании чего принять решение о дальнейшем более детальном проведении анализа риска.

В случае принятия решения об относительной безопасности промышленного объекта и целесообразности 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 (второй этап). Анализ частоты заключается в определении вероятности возникновения конкретной опасности, при этом используются качественные (логические методы, экспертные оценки) и количественные (использующие статистические данные по аварийности и надежности технологической системы, соответствующие типу объекта или виду деятельности) методы оценки.

На основе перечня наиболее «энергоемкого» и «проблемного» оборудования производится анализ неполадок и отказов оборудования и анализ аварий, ранее произошедших на данном или подобных объектах. Результатом анализа неполадок и аварий является выявление причины возникновения аварийных ситуаций и их последствий. На основе этого выявляются причинно-следственные связи отдельных событий, приводящих к аварийной ситуации, и сценарии возможных аварийных ситуаций. Количественные характеристики 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.

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 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, полученные с помощью логико-графических схем.

Третий этап анализа риска эксплуатации оборудования – анализ последствий – включает оценку воздействия взрыва, пожара на людей, имущество и окружающую среду. Для прогнозирования последствий необходимо оценить физические эффекты нежелательных событий (пожара, взрыва, токсического выброса). Анализ последствий от аварийных событий проводится на основе ранее проведенного распределения веществ по технологическим блокам и по

отдельным видам оборудования с учетом технологических процессов и физико-химических свойств технологической среды. На начальной стадии определяется количество газовой и жидкой фазы в оборудовании. 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 количество выброшенного вещества и площадь разлива жидких углеводородов. 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 площади пролива определяется масса парагазового облака, образованного при испарении с поверхности разлива жидкой фазы. Параметры взрывного воздействия на окружающие объекты, теплового воздействия пожара, пролива и огневого шара определяются на основе общей массы парагазового облака, образованного в результате суммы количества газовой и паровой фазы. На основе полученных результатов определяется воздействие на здания и сооружения, а также количество возможных пострадавших. 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.

**Заключение.** Результатом анализа риска является разработка мероприятий, направленных на повышение надежности оборудования, оснащение системами противоаварийной защиты (ПАЗ), совершенствование управления технологическим процессом и снижение потенциальной опасности объекта.

Под повышением надежности оборудования в данном случае понимается комплекс мероприятий, направленных на снижение вероятно-

сти возникновения аварийной ситуации в результате отказа или неполадки отдельных видов оборудования. К данному блоку также можно отнести мероприятия по замене устаревшего оборудования на современное и более надежное, повышение качества ремонта оборудования, более эффективную защиту оборудования от коррозии, применение герметичных насосов для перекачки сжиженных газов и ЛВЖ.

Оснащение установок НПП системами ПАЗ, которые предназначены для контроля достижения значений технологических параметров до критических и своевременного перевода системы в безаварийное состояние, является в настоящее время обязательным условием при проектировании, строительстве и реконструкции установок.

Под совершенствованием управления технологическим процессом 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 высокими взрывопожароопасными свойствами, на вещества с более низкими взрывопожароопасными характеристиками, снижение количества взрывопожароопасных и токсичных веществ, одновременно находящихся на объекте.

### Литература

1. Методические указания по проведению анализа риска опасных производственных объектов (РД 30-418-01): утв. Госгортехнадзором России 10.07.01. – М.: НТЦ «Промышленная безопасность», 2001. – 18 с.
2. Пожарная безопасность. Общие требования: ГОСТ 12.1.004–91 ССБТ. – Введ. 01.07.92. – М.: Государственный комитет по стандартам, 1992. – 108 с.
3. Оценки последствий аварийных взрывов топливно-воздушных смесей (РД 03-409-01): утв. Госгортехнадзором России 26.06.01. – М.: НТЦ «Промышленная безопасность», 2001. – 16 с.

*Поступила 28.02.2013*