

А.Г. Чиркова, Е.Н. Буркина

АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОПАСНОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

В статье приводится постановка задачи оценки показателей опасности оборудования на технологической площадке опасных производственных объектов, а также ее решение с использованием интегрального параметра и понятия «центр энергопотенциалов».

Управление безопасностью сложных технических систем (СТС), к которым относятся предприятия нефтехимической и нефтеперерабатывающей отраслей, является трудноразрешимой задачей, но в то же время существует острая необходимость контролировать промышленные процессы с участием опасных и вредных веществ, которые протекают в оборудовании с запредельной степенью износа. Требование настоящего времени заключается не просто в оценке технического состояния СТС с точки зрения опасности, которую она представляет для человека и окружающей природной среды, но и в возможности реализации на практике превентивных управленческих действий, направленных на минимизацию экономических потерь, являющихся следствием возникновения, развития и реализации аварийной ситуации. Используя рычаги управления промышленной безопасностью, необходимо прийти к балансу между вложением материальных ресурсов в наиболее «слабые» производственные участки с целью предотвращения возникновения аварии и размером страхового взноса.

В связи с этим система управления безопасностью СТС должна удовлетворять следующим требованиям:

1) отражать объективную действительность (техническое состояние бло-

ков СТС, адекватность обслуживающего персонала);

2) быть адаптированной к внешним условиям;

3) обладать гибкостью;

4) иметь алгоритм принятия решений в простой и наглядной форме;

5) содержать экономическую целесообразность;

6) быть реализуемой на практике.

Совершенно ясно, что создание подобной системы с использованием существующих подходов к проблемам обеспечения промышленной безопасности невозможно по ряду причин, перечисленных ниже:

1) отсутствие комплексной методики, позволяющей адекватно оценивать состояние конкретного опасного производственного объекта с точки зрения опасности, которую он представляет;

2) отсутствие открытого информационного пространства, содержащего сведения об авариях, их причинах, цепи развития и последствиях;

3) отсутствие доступных для восприятия и понимания показателей безопасности, позволяющих выявлять на основе сравнительного анализа «слабые» места в промышленном процессе;

4) отсутствие достоверного прогноза последствий аварий;

Остаточный ресурс нефтегазового оборудования

5) относительность величин ущербов (убытков), рассчитанных по существующим методикам, а подчас и отсутствие таких методик;

6) необходимость совершенствования системы нормативно-правового обеспечения.

На сегодняшний день одним из основных показателей безопасности является риск. Согласно ISO/EC Guide 73, риск – это комбинация вероятности события и его последствий. Риск представляет собой многокомпонентную величину, измеряемую с помощью статистических данных или рассчитываемую с помощью имитационных моделей, включающих количественные показатели:

- ущерба от воздействия того или иного опасного фактора;
- вероятности возникновения опасного фактора;
- неопределенности в величинах ущерба и вероятности.

Вероятность является характеристикой случайности, выраженной языком математики. Вероятность возникновения опасного фактора представляет собой величину порядка 10^{-5} - 10^{-8} . Поэтому говорить о наглядности данного показателя не приходится.

Нежелание руководителей предприятий сообщать обо всех аварийных ситуациях, происходящих в производственном процессе, и, как следствие, отсутствие информационного поля делает невозможным определение величины риска статистическими методами. Использование сценариев развития аварий (дерево событий и происшествий) также имеет существенные недостатки. В реальности развитие аварии часто протекает не по сценарию.

Важной особенностью формирования риска функционирования СТС явля-

ется большое количество субъектов, формирующих этот риск на различных стадиях жизненного цикла любой системы: стадия проекта, государственный надзор, изготовление и монтаж, эксплуатация и утилизация. Все это способствует росту неопределенности состояния системы на каждом этапе формирования и функционирования СТС.

Необходим такой показатель, который бы помимо адекватного выражения уровня безопасности был бы удобен для дальнейшего анализа опасности сложной технической системы.

Для решения этой подзадачи следует сформировать ряд принципиальных положений.

Во-первых, сложную техническую систему будем рассматривать как организм, состояние которого определяется одновременно как процессами, происходящими внутри, так и воздействиями извне.

Во-вторых, каждый объект СТС обладает некой степенью опасности, которая может быть численно выражена (индивидуальная опасность объекта).

В-третьих, все объекты СТС взаимно влияют друг на друга. Сила связи между ними определяет величину коллективной опасности СТС.

Потенциальную опасность реальных технологических процессов оценивают на уровне технологических установок. При этом применяют для оценки опасности такие параметры, как общий энергетический потенциал E и относительный потенциал взрывоопасности Q [1].

Энергетический потенциал взрывоопасности E , кДж, блока определяется полной энергией сгорания парогазовой фазы (ПГФ), находящейся в блоке, с учетом величины работы ее адиабатического расширения, а также величины энергии полного

Остаточный ресурс нефтегазового оборудования

сгорания испарившейся жидкости с максимально возможной площади ее пролива:

$$E = E'_1 + E'_2 + E''_1 + E''_2 + E''_3 + E''_4,$$

где E'_1 - сумма энергий адиабатического расширения и сгорания ПГФ, находящейся в блоке, кДж;

E'_2 - энергия сгорания ПГФ, поступившей к разгерметизированному участку от смежных объектов (блоков), кДж;

E''_1 - энергия сгорания ПГФ, образующейся за счет энергии перегретой ЖФ рассматриваемого блока и поступившей от смежных объектов за время τ , кДж;

E''_2 - энергия сгорания ПГФ, образующейся из ЖФ за счет тепла экзотермических реакций, не прекращающихся при разгерметизации, кДж;

E''_3 - энергия сгорания ПГФ, образующейся из ЖФ за счет теплопритока от внешних теплоносителей, кДж;

E''_4 - энергия сгорания ПГФ, образующейся из пролитой на твердую поверхность ЖФ за счет теплоотдачи от окружающей среды, кДж.

Относительный энергетический потенциал взрывоопасности Q технологического блока находится расчетным путем по формуле:

$$Q = \frac{1}{16,534} \cdot \sqrt[3]{E}.$$

Как видно из приведенных выше формул расчета E и Q , данный метод определения опасности имеет ряд недостатков, а именно:

– не учитывается техническое состояние конкретного оборудования;

– не учитывается влияние токсичности сред на персонал;

– не учитывается взаиморасположение и взаимовлияние оборудования СТС.

Оценку потенциальной опасности предлагается вести по интегральному параметру I , в основу которого положены критерии опасности производственных объектов, изложенных в Федеральном Законе №116: взрывоопасные, пожароопасные, окисляющие, токсичные свойства веществ, а также фактор надежности конкретного оборудования. [2].

Интегральный параметр предлагается рассчитывать по формуле:

$$I = M_i \cdot q_i,$$

где M_i – вес i -го фактора,

q_i – факторы.

Целесообразно остановиться на четырех основных факторах:

$$I = M_1 q_1 + M_2 q_2 + M_3 q_3 + M_4 q_4,$$

где M_1 – коэффициент весомости фактора пожароопасности с учетом компетентности эксперта;

M_2 – коэффициент весомости фактора взрывоопасности с учетом компетентности эксперта;

M_3 – коэффициент весомости фактора токсичности с учетом компетентности эксперта;

M_4 – коэффициент весомости фактора эксплуатационной надежности с учетом компетентности эксперта;

q_1 – параметр пожарной опасности;

q_2 – параметр взрывоопасности;

q_3 – параметр токсичности;

q_4 – параметр эксплуатационной надежности.

Алгоритм определения интегрального параметра представлен на рисунке 1.

Таким образом, в рамках создания системы управления безопасностью СТС необходимо решить следующие задачи:

1) определить индивидуальную опасность каждого объекта системы;

Остаточный ресурс нефтегазового оборудования

2) определить связь между объектами СТС, т.е. количественно выразить их взаимовлияние и взаимодействие;

3) определить коллективную опасность СТС.

Для решения первой задачи использовалось понятие «центра энергопотенциалов», введенное Ковалевым Е.М. [3].

«Центр энергопотенциалов» является той точкой пространства, относительно которой оборудование ориентировано к источнику наибольшей опасности взрыва таким образом, что воздействие ударной волны при взрыве минимально. Координаты «центра энергопотенциалов» $x_{цэ}$, $y_{цэ}$ определяются по следующей формуле:

$$\left\{ \begin{array}{l} x_{цэ} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i E_i}{\sum_{i=1}^n E_i}; \\ y_{цэ} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i E_i}{\sum_{i=1}^n E_i}. \end{array} \right.$$

где E_i – энергопотенциал i -го аппарата;

x_i , y_i – координаты i -го аппарата.

На рисунке 2 показана зависимость отношения величины энергопотенциала E_i аппарата к расстоянию от i -го аппарата до центра энергопотенциалов (R_i).

• Максимальное значение E_i/R_i составляет 14352574,1 (аппарат К-2), минимальное – 1086419,753 (аппарат Х-3).

Автором [3] предложен метод оптимизации расположения оборудования с учетом «центра энергопотенциалов». При этом аппараты располагаются вне зоны полных разрушений.

На рисунке 3 показана зависимость отношения величины энергопотенциала E_i аппарата к расстоянию от i -го аппарата до центра энергопотенциалов после оптимизации.

Рисунок 3 иллюстрирует, что за счёт увеличения расстояния между аппаратом и центром энергопотенциала (и соответственно между аппаратами) величина отношения E_i/R_i значительно уменьшается по сравнению с ситуацией реального расположения оборудования. Максимальное значение отношения $(E_i/R_i)^{оптим.}$ составляет 5107564 (аппарат К-2), минимальное – 244770,8 (аппарат Х-1). На рисунке 4 показано, что при реальном расположении оборудования большинство аппаратов (К-1, К-2, К-4, К-5, К-6, Э-1, Э-2, Э-3, Е-2, Е-3, П-2) находятся вне области максимального значения отношения $(E_i/R_i)^{оптим.}$. Это подтверждает утверждение, что использование понятия «центр энергопотенциалов» на стадии проектирования при решении вопроса о расположении оборудования, позволяет увеличить безопасность всей установки в целом. Использование такого подхода к оценке опасности оборудования позволяет:

- 1) выражать данное свойство в удобной числовой форме;
- 2) ранжировать аппараты в привязке к их месторасположению в пространстве по значению отношения E_i/R_i

Остаточный ресурс нефтегазового оборудования



Рисунок 1 - Алгоритм определения интегрального параметра

Остаточный ресурс нефтегазового оборудования

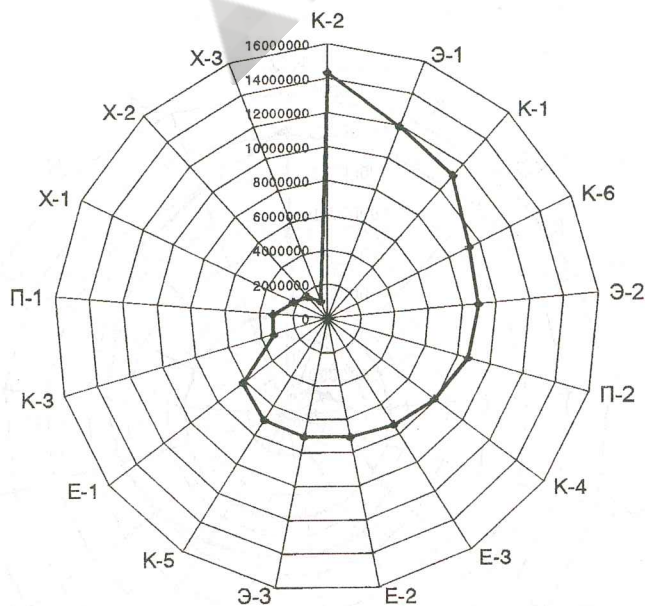


Рисунок 2 – Показатель отношения E_i/R_i аппаратов установки ЭЛОУ-АВТ при реальном их расположении

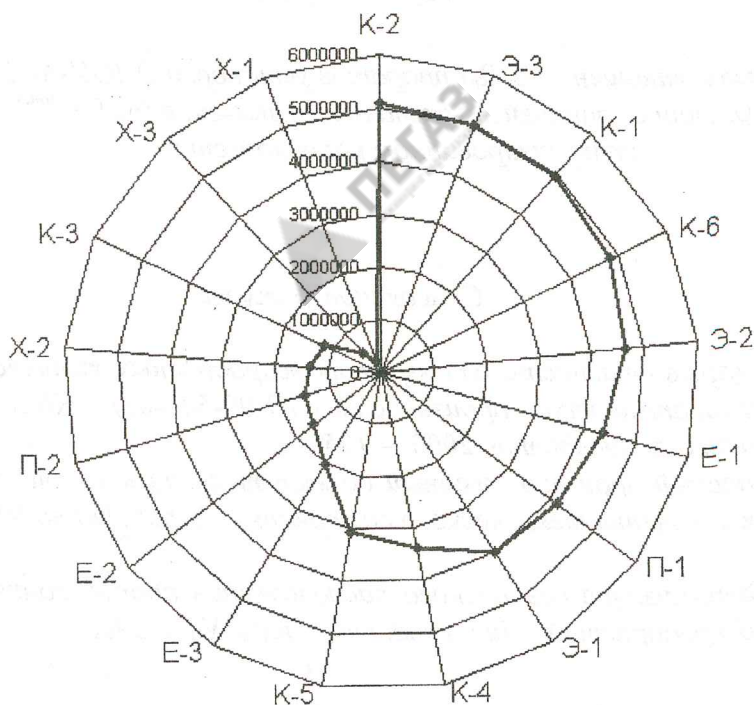


Рисунок 3 – Показатель отношения $(E_i/R_i)^{opt}$ аппаратов установки ЭЛОУ-АВТ при оптимизированном их расположении

Остаточный ресурс нефтегазового оборудования

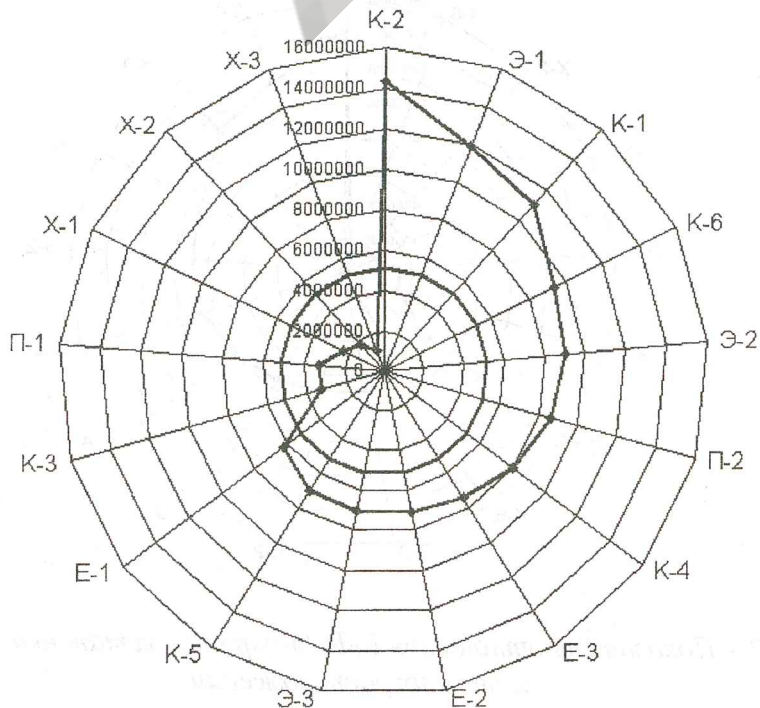


Рисунок 4 - Показатель отношения E_i/R_i аппаратов установки ЭЛОУ-АВТ при реальном их расположении с границей максимального значения $(E_i/R_i)_{\text{оптим.}}$ при оптимизированном расположении

Список литературы

1. Общие правила взрывоопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств (ПБ 09-540-03) / Колл. Авт. – М.: ГУП «НТЦ «Промышленная безопасность», 2003. – 125 с.
2. Чиркова А.Г. Опасный производственный объект технологической системы: методы определения опасности оценки технического состояния. – Уфа: Изд-во УГНТУ, 2004. – 133 с.
3. Ковалев Е.М. Оптимизация безопасного расположения оборудования установок нефтеперерабатывающих предприятий / Дис. канд. техн. наук Уфа, 2006.

Буркина Екатерина Николаевна, аспирант кафедры МАХИ
Уфимский государственный нефтяной технический университет