

## Подходы к созданию автоматизированной системы технического аудита опасных производственных объектов



**Е.В. Кловач,**  
д-р техн. наук, проф.,  
ген. директор

ЗАО НТЦ ПБ



**А.Ф. Гонтаренко,**  
канд. техн. наук,  
доцент,  
зав. отделом



**И.А. Лукьянов,**  
нач. отдела

ЗАО «Термика»

Рассмотрены подходы к автоматизации проведения технического аудита опасных производственных объектов средствами автоматизированной информационной системы. Описан алгоритм регистрации нарушений требований промышленной безопасности с использованием автоматизированной системы. Заданы признаки для классификации нарушений. Предложен метод с использованием искусственных нейронных сетей для ранжирования выявленных нарушений по очередности устранения.

*The approaches to the automation of technical audit of hazardous production facilities with automated information system are reviewed. The algorithm for registration of violations of industrial safety requirements applying the automated information system is described. The features for violation classification are specified. The method using artificial neural networks for ranging collected violations by elimination order is proposed.*

**Ключевые слова:** промышленная безопасность, технический аудит, информационные технологии, поддержка принятия решений, искусственные нейронные сети.

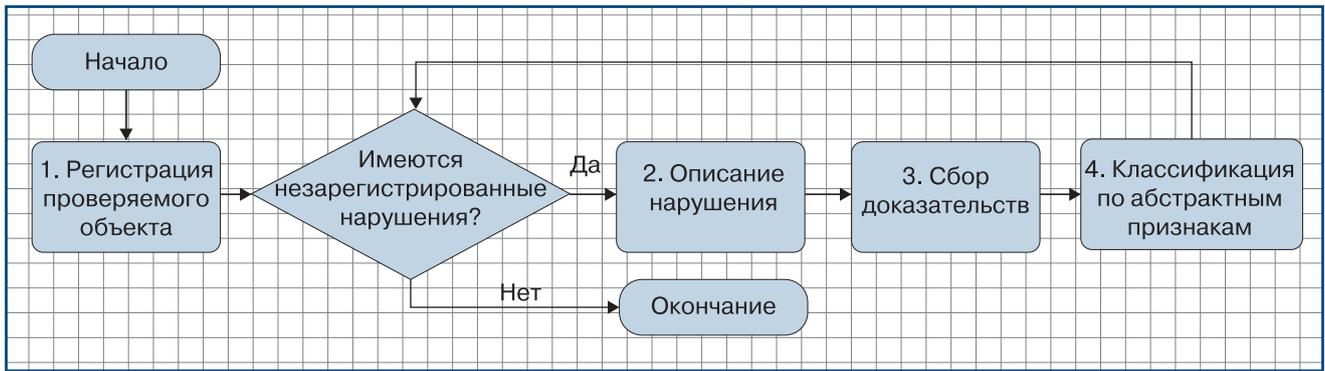
В целях эффективного управления промышленной безопасностью, повышения противоаварийной устойчивости опасных производственных объектов (ОПО) целесообразно постоянно оценивать уровень безопасности путем проведения технического аудита. В последние годы термин «аудит» употребляется в отношении различных видов экспертной деятельности.

Автор [1] утверждает, что аудит развивается во многих областях, которые можно объединить в три группы: экономический и промышленный аудит, прочие его виды. Законодательно на сегодняшний день установлены требования только к экономическому аудиту [2]. В ходе технического аудита проверяется состояние технических устройств, зданий и сооружений, инженерных коммуникаций, систем и сетей, технической и проектной документации, оцениваются применяемые технические (технологические) решения, их соответствие требованиям, установленным в нормативных правовых актах и нормативно-технических документах, в том числе требованиям промышленной безопасности. Технический аудит могут проводить как специалисты служб производственного контроля, так и независимые эксперты. Элементы технического аудита могут быть использованы также инспекторами при проведении проверок в рамках федерального государственного надзора по промышленной безопасности. Объем документации по итогам проверок может достигать значительных размеров, особенно на крупных и технологически сложных производствах.

Для повышения эффективности труда специалистов, проводящих технический аудит, целесообразно разработать автоматизированную систему, которая сможет обеспечить информационно-аналитическую поддержку и упростить проведение рутинных операций.

В рамках настоящей статьи рассмотрены некоторые элементы автоматизированной системы для проведения анализа результатов технического аудита, а также общие подходы к ранжированию нарушений требований промышленной безопасности, выявленных в ходе аудита. В автоматизированной системе технического аудита (АСТА) процесс проведения технического аудита понимается как итеративный. Процесс регистрации нарушений требований промышленной безопасности при проверке ОПО показан на рис. 1.

На шаге 1 процесса эксперт, выполняющий аудит, выбирает тип объекта проверки (технологическая установка, документация и т.п.) по классификатору, указывает его наименование и дополнительные данные (регистрационный номер и т.п.). Затем, руководствуясь соответствующими нормативными документами, проверяет выполнение требований промышленной безопасности. В случае обнаружения нарушения, на шаге 2 процесса эксперт описывает его, указывая ссылку на документ и его пункты, регламентирующие невыполненное требование, и, при необходимости, дополнительно комментирует характер нарушения. На шаге 3 эксперт собирает доказательства нарушения (фотографии,



▲ Рис. 1. Процесс регистрации нарушений требований промышленной безопасности при проверке ОПО

видеоматериалы, внутренние документы, относящиеся к проверяемому объекту и т.п.). Собранные доказательства однозначно сопоставляются с регистрируемым нарушением в виде цифровых файлов. На шаге 4 эксперт оценивает нарушение по абстрактным признакам (данные признаки будут введены ниже), заданным в рамках системы, в целях его дальнейшей классификации и ранжирования в плане мероприятий по устранению нарушений.

Следует отметить, что исполнение АСТА наиболее целесообразно в виде планшетного компьютера с интегрированной камерой, что позволит избежать трудностей при сборе доказательств о нарушениях, и со специальным программным обеспечением, реализующим функции системы.

Для реализации шага 4 необходимо ввести пространство признаков, в котором будет осуществляться классификация, и определить методы классификации, позволяющие отнести нарушение к одному из четырех классов:

$C_1$  — нарушения, требующие немедленного устранения;

$C_2$  — нарушения, допускающие устранение в течение нескольких месяцев;

$C_3$  — нарушения, устранение которых подразумевает проведение дополнительных сопутствующих мероприятий (инженерные, проведение экспертизы и т.п.), либо допускающие устранение во вторую очередь при условии проведения компенсирующих мероприятий;

$C_4$  — нарушения, устранение которых предусматривает значительные финансовые и временные затраты.

Зададим пространство признаков, в котором будет проводиться классификация. Сформулируем следующие требования к вводимым признакам:

1. Абстрактность. Признаки должны выражать балльную оценку объективной величины или нескольких величин, а не сами величины. Например, при оценке опасности аварии признак должен выражаться не величиной риска аварии, а величиной, оценивающей риск по некоторой шкале (от 1 до 5, где 1 соответствует незначительному риску, а 5 — крайне высокому).

2. Атомарность. Никакой признак не должен зависеть ни от какого другого.

3. Единообразие. Признаки должны иметь одинаковую область допустимых значений. Например, все признаки должны принимать значения от 1 до 5.

4. Конечность. Область допустимых значений признаков должна включать конечное число значений. Например, дискретные значения от 1 до 5.

5. Монотонность. На всей области допустимых значений каждому большему значению признака должно соответствовать большее значение объективной величины. Например, при оценке опасности аварии 3 соответствует средней опасности, 4 — высокой, 5 — крайне высокой, любой другой порядок является неверным.

Согласно сформулированным требованиям определим следующее пространство признаков, где  $F_i \in \{1, 2, 3, 4, 5\}$  для  $\forall i = 1, 2, \dots, 9$ :

$F_1$  — степень опасности объекта;

$F_2$  — степень нарушения. Например, при превышении нормативных сроков эксплуатации объекта данный признак отражает величину превышения их;

$F_3$  — оценка вероятности возникновения аварии или инцидента вследствие данного нарушения;

$F_4$  — ущерб от аварии или инцидента вследствие данного нарушения;

$F_5$  — финансовые затраты на ликвидацию последствий аварии;

$F_6$  — временные затраты на ликвидацию последствий аварии;

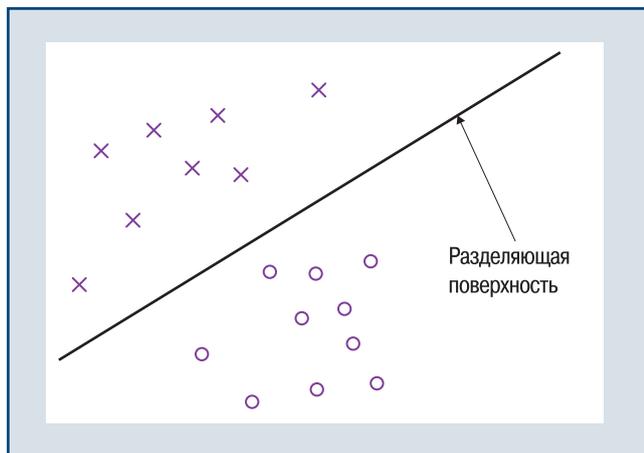
$F_7$  — временные затраты на устранение нарушения;

$F_8$  — финансовые затраты на устранение нарушения;

$F_9$  — объем сопутствующих мероприятий по устранению нарушения.

Достаточно сложно сформулировать формальное правило, позволяющее отнести нарушение к одному из четырех классов  $C_1$ – $C_4$  в пространстве такой размерности, тем более что принятие решения о присвоении класса подразумевает не всегда формализуемые рассуждения. В связи с этим для решения задачи классификации предлагается использовать методы на основе искусственных нейронных сетей [3–6].

Искусственная нейронная сеть представляет собой математическую модель функционирования мозга человека и, по сути, является универсальным аппроксиматором. В данном случае аппроксимируется разделяющая многомерная поверхность.



**▲ Рис. 2. Пример аппроксимации разделяющей многомерной поверхности искусственной нейронной сетью**

На рис. 2 изображена проекция разделяющей гиперплоскости на некоторую плоскость и соответствующие проекции точек, координатами которых являются значения признаков  $F_1-F_9$ , определенных для нарушения, т.е. одна точка соответствует одному нарушению. Пусть  $\times$  — нарушения, отнесенные к классу  $C_1$ , а  $\circ$  — нарушения, отнесенные к одному из классов  $C_2-C_4$ . Таким образом, гиперплоскость отделяет нарушения класса  $C_1$  от остальных.

Искусственные нейронные сети автоматически настраиваются на выполнение классификации в заданной предметной области на основе предъявленной обучающей выборки. Для изначальной настройки классификатора необходимо сформировать такую выборку. Для этого эксперт должен проанализировать репрезентативную выборку выявленных нарушений и оценить каждое нарушение с помощью признаков  $F_1-F_9$ , приписывая ему при этом один из четырех классов. Обученный на данной выборке классификатор сможет выполнять классификацию таким образом, каким ее выполнил

бы эксперт, обработавший выборку, но с некоторой ошибкой.

В дальнейшем, при проведении технического аудита на ОПО, такая система сможет обучаться на основе поправок, вносимых экспертами в случаях, когда эксперт не согласен с предложенным системой классом.

Автоматизированная система технического аудита, построенная согласно описанным принципам, позволит повысить эффективность работы экспертов и станет универсальным и мощным инструментом для поддержки принятия решений при проведении технического аудита.

### Список литературы

1. Чернова М.В. Виды аудита: современная классификация// Аудиторские ведомости. — 2011. — № 6. — С. 10–17.
2. Федеральный закон от 30 декабря 2008 г. № 307-ФЗ «Об аудиторской деятельности»// Собр. законодательства Рос. Федерации. — 2009. — № 1. — Ст. 15.
3. Хайкин С. Нейронные сети. Полный курс/ Пер. с англ. Н.Н. Куссуль, А.Ю. Шелестова. — М.: Издательский дом «Вильямс», 2008. — 1103 с.
4. Методы и средства повышения эффективности информационных систем (нейронные сети, криминалистика, формирование фактографических данных, морфологический анализ)/ С.Д. Кулик, Д.А. Никонец, К.И. Ткаченко, И.А. Лукьянов. — Т. 1: Криминалистика. — М.: Радиотехника, 2011. — 300 с. — Деп. в ВИНТИ 05.05.2011, № 206-В2011; Библ. Указат. № 7 (473), 2011.
5. Методы и средства повышения эффективности информационных систем (нейронные сети, криминалистика, формирование фактографических данных, морфологический анализ)/ С.Д. Кулик, Д.А. Никонец, К.И. Ткаченко, И.А. Лукьянов. — Т. 2: Системы. — М.: Радиотехника, 2011. — 223 с. — Деп. в ВИНТИ 05.05.2011, № 207-В2011; Библ. Указат. № 7 (473), 2011.
6. Методы и средства повышения эффективности информационных систем (нейронные сети, криминалистика, формирование фактографических данных, морфологический анализ)/ С.Д. Кулик, Д.А. Никонец, К.И. Ткаченко, И.А. Лукьянов. — Т. 3: Приложения. — М.: Радиотехника, 2011. — 229 с. — Деп. в ВИНТИ 05.05.2011, № 208-В2011; Библ. Указат. № 7 (473), 2011.

[ilya.lukyanov@gmail.com](mailto:ilya.lukyanov@gmail.com)

## ВЫБЕРИТЕ НАИБОЛЕЕ УДОБНЫЙ ДЛЯ ВАС ВАРИАНТ ПОДПИСКИ!

Подписные индексы журнала «Безопасность труда в промышленности» по каталогам агентств:

Подписка	Роспечать	Пресса России	Почта России
На 6 мес	70049	42097	79355
На год	85218	10470	—

В течение года можно оформить подписку непосредственно в редакции. E-mail: [ornd@safety.ru](mailto:ornd@safety.ru)