

Н. Ю. ЗУЕВ, соискатель факультета научно-педагогических кадров, Академия ГПС МЧС России (Россия, 129366, г. Москва, ул. Бориса Галушкина, 4; e-mail: n.u.zuev@mail.ru)

Р. Ш. ХАБИБУЛИН, канд. техн. наук, доцент, начальник Учебно-научного комплекса автоматизированных систем и информационных технологий, Академия ГПС МЧС России (Россия, 129366, г. Москва, ул. Бориса Галушкина, 4; e-mail: kh-r@yandex.ru)

Д. В. ШИХАЛЕВ, канд. техн. наук, научный сотрудник отдела информационного обеспечения населения и технологий информационной поддержки РСЧС и пожарной безопасности, Академия ГПС МЧС России (Россия, 129366, г. Москва, ул. Бориса Галушкина, 4; e-mail: evacsystem@gmail.com)

С. В. ГУДИН, канд. техн. наук, научный сотрудник отдела информационного обеспечения населения и технологий информационной поддержки РСЧС и пожарной безопасности, Академия ГПС МЧС России (Россия, 129366, г. Москва, ул. Бориса Галушкина, 4; e-mail: sergey.gudin@firerisks.ru)

УДК 1082:004

ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ЭКСПЕРТНОГО ОПРОСА СПЕЦИАЛИСТОВ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ПОЖАРОВ НА ОБЪЕКТАХ ЗАЩИТЫ

Проведен опрос специалистов (экспертов) производственного объекта. Изучены результаты опроса специалистов. Представлено описание информационной технологии автоматизированного опроса специалистов, работников различных специальностей, работающих на пожароопасных участках объектов нефтегазовой отрасли. Проведен анализ полученных данных на типовом объекте хранения и переработки нефтепродуктов, выявлены их закономерности. Осуществлена статистическая обработка полученных результатов.

Ключевые слова: компьютерная экспертная система; опрос; нефтегазовая отрасль; база знаний; пожароопасные ситуации.

DOI: 10.18322/PVB.2018.27.05.17-25

Введение

На многих объектах защиты существует одна из немаловажных проблем — недостаток или отсутствие высококвалифицированных специалистов, имеющих соответствующее профессиональное образование, знания, опыт, которые способны своевременно предотвратить, спрогнозировать пожароопасную ситуацию, предложить необходимые меры по снижению пожарного риска, а также минимизировать последствия от пожара (аварии).

Анализ разбора пожаров (описание пожаров) показал, что к наиболее распространенным категориям лиц, виновных в возникновении пожара, относятся работники различных специальностей (19 %), которые не являются специалистами в области пожарной безопасности. Для получения минимального объема знаний в данной сфере, а также для подсказки в различных сложных ситуациях этим работникам необходима помощь более опытных специалистов (экспертов) в достаточно узкой области.

Для решения проблем, связанных с “кадровым голодом” на пожароопасных производственных объектах нефтегазовой отрасли, предлагается использовать инструмент, позволяющий накапливать знания, усваивать опыт специалистов и экспертов в виде компьютерной экспертной системы поддержки принятия решений [1–8]. В данную программу входит база данных, включающая в себя статистику по пожарам на данных объектах защиты, их описание, данные об отказах технологического оборудования, результаты опросов, а также базу знаний [9–17].

Научно-исследовательской группой проводились исследования в рамках выявления закономерностей причин пожаров — источников зажигания, изделий и устройств, от которых возникал пожар [18]. Для успешного определения этих закономерностей проанализированы статистические данные по пожарам, происшедшим с 2001 по 2015 гг. на производственных объектах складирования нефти и нефтепродуктов.

Методика опроса специалистов-экспертов

Целью экспертного оценивания являлось наполнение базы знаний разрабатываемой компьютерной экспертной системы, позволяющей специалистам

своевременно принимать меры по предотвращению пожаров и снижению пожарной опасности [19].

В качестве модераторов экспертного оценивания выступали специалисты Академии ГПС МЧС России. В их задачу входило разъяснение цели и за-

Таблица 1. Вопросы, представленные на экспертное оценивание

Table 1. Questions submitted for expert evaluation

№ п/п No.	Вопрос Question	Варианты ответа Possible answers
1	Расставьте основные источники зажигания (изделие и устройство), от которых непосредственно может возникнуть пожар, по степени их значимости в порядке убывания Arrange the main sources of ignition (product and device) from which directly there can be a fire, in terms of their significance in descending order	Легковоспламеняющаяся жидкость (ЛВЖ), горючая жидкость (ГЖ) / Highly flammable liquid, combustible liquid Электроинструмент / Electric tools Газовая установка, прибор, плита / Gas installation, appliance, cooker Технологический аппарат / Technological apparatus Газосварочный инструмент / Gas welding tool
2	Расставьте основные причины пожаров, возможных на вашем предприятии, расположите их по степени их значимости в порядке убывания Arrange the main causes of fires possible in your company, arrange them according to the degree of their importance in descending order	Нарушение правил пожарной безопасности (ППБ) при проведении электрогазосварочных работ / Violation of fire safety rules during welding operations Неосторожное обращение с огнем / Careless handling of fire Нарушение технологического регламента процесса производства / Violation of the technological regulations of the production process Разряд статического электричества / Discharge of static electricity Нарушение ППБ при проведении огневых работ / Violation of fire safety rules during fire works
3	Перечислите наиболее пожароопасные факторы, характеризующие технологию хранения, по степени их значимости в порядке убывания List the most fire hazard factors, characterizing the storage technology, in terms of their significance in descending order	Разгерметизация / Depressurization Перекачка нефтепродуктов / Pumping of oil products Ремонт / Repairs
4	Перечислите газоопасные работы на вашем предприятии, которые являются наиболее пожароопасными, по степени их опасности в порядке убывания List gas hazardous works in your company, which are the most fire hazardous, in terms of their degree of danger in descending order	Разгерметизация технологического оборудования / Depressurization of process equipment Разгерметизация коммуникаций / Depressurization of communications Осмотр, чистка, ремонт / Inspection, cleaning, repair Выделение в рабочую зону взрыво- и пожароопасных или вредных паров, газов и других веществ / Allocation into the working area of explosive and fire hazardous or harmful vapors, gases and other substances
5	Перечислите факторы, которые могут повлиять на причину пожара, по степени их значимости в порядке убывания List factors, which can affect the cause fire, in terms of their significance in descending order	Нарушение правил пожарной безопасности / Violation of fire safety rules Нарушение правил хранения / Violation of retention rules Нарушение технологического регламента процесса / Violation of the technological regulations of the process
6	Перечислите человеческие факторы (со стороны персонала), которые могут повлиять на возникновение пожара, по степени их значимости List human factors (from the staff), which can affect the occurrence of fire in terms of their significance in descending order	Несоблюдение правил технологического регламента / Non-observance of the rules of technological regulations Неосторожное обращение с огнем / Careless handling of fire Поджог, террористический акт / Arson, terrorist act

дач экспертного оценивания, вопросов и вариантов ответов. Эксперты проводили оценивание очно, в период с 3 по 18 апреля 2017 г., каждый по одному разу. В качестве способа получения оценок был выбран известный метод индивидуального анкетирования с использованием компьютерной программы [20]. В качестве способа оценки полученных результатов был использован метод ранжирования. Оценивание осуществлялось с помощью разработанной автоматизированной информационной системы [21], в которой предлагались вопросы, представленные в табл. 1.

В качестве экспертов выступали сотрудники одного из типовых предприятий складирования нефти и нефтепродуктов, соответствующие следующим категориям: работники различных специальностей (плотники, электрики, электро- и газосварщики, сантехники, ремонтники) и инженерно-технические работники (главный механик, инженеры производственно-технического отдела, операторы товара (заправщики)). Выбор таких категорий работников обусловлен тем, что их вина в возникновении пожаров в совокупности составляет 28 % (согласно Федеральному банку данных “Пожары” за 2001–2015 гг.) [22]. Всего на предприятии трудится 17 чел. данной категории (генеральная совокупность). Таким образом, с учетом доверительной вероятности 95 % требуемый размер выборки составляет 16 чел.

Результаты и их обсуждение

По результатам анкетирования получены оценки (в виде ранжирования по степени важности) по вопросам, представленным в табл. 1. Перед рассмотрением полученных результатов проведена оценка их согласованности. В качестве метода оценки был определен коэффициент конкордации Кендалла [23], применяемый в случае наличия более двух вариантов ответов.

Процедура оценки согласованности мнений экспертов осуществлялась следующим образом. Определялись значения вариантов ответа M и количество экспертов D . Вычислялась сумма среднего из рангов (оценок) $\bar{r}$ по каждому варианту ответа m . После этого подсчитывался коэффициент конкордации Кендалла W , который показывает степень согласованности мнений экспертов и вычисляется по выражению

$$W = \frac{12S}{d^2(m^3 - m)}, \quad (1)$$

$$S = \sum_{i=1}^m \left(\sum_{s=1}^d r_{is} - \bar{r} \right)^2; \quad (2)$$

r_{is} — ранг, присваиваемый s -м экспертом ($s \in D$) i -му объекту ($i \in M$).

Таблица 2. Результаты определения согласованности мнений экспертов

Table 2. Results of the consistency of expert opinions

Номер вопроса (табл. 1) Question number (table 1)	M	D	$\bar{r}$	S	W	χ^2	$\chi^2_{\text{табл}}$ χ^2_{table}
1	5	16	48	1918	0,749	47,95	9,48
2	5	16	48	1826	0,713	45,65	9,48
3	3	16	32	314	0,613	19,63	5,99
4	4	16	40	930	0,726	34,88	7,81
5	3	16	32	326	0,637	20,37	5,99
6	3	16	32	338	0,66	21,13	5,99

Так, $W = 0$ означает полное отсутствие согласованности в мнениях экспертов, $W = 1$ — полную согласованность их мнений. Граничным условием выступает значение $W = 0,5$, т. е. при $W > 0,5$ выводы экспертов в большей степени согласованы между собой, чем не согласованы.

Выполнена также проверка гипотезы о согласии мнений экспертов, для принятия которой необходимым условием является неравенство $\chi^2 > \chi^2_{\text{табл}}$. В случае выполнения данного условия считается, что гипотеза о согласии экспертов в ранжировках принимается.

В табл. 2 представлены результаты определения согласованности мнений экспертов.

Результаты, приведенные в табл. 2, показывают, что по каждому вопросу мнения экспертов являются согласованными, а гипотеза о согласии экспертов в ранжировках принимается.

Перейдем к рассмотрению полученных в ходе обработки данных ранжировок (рис. 1–6).

По результатам исследования эксперты определили, что наиболее распространенными источниками зажигания (изделие и устройство), от которых

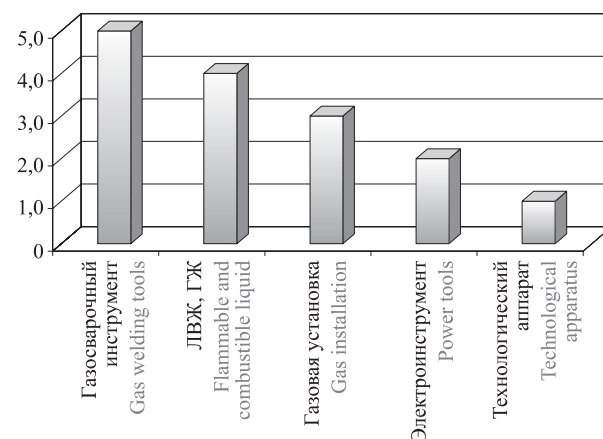


Рис. 1. Результаты ранжирования по вопросу № 1

Fig. 1. Results of ranking on issue No. 1

непосредственно может возникнуть пожар, по степени их значимости (вероятности) в порядке убывания являются (см. рис. 1): газосварочный инструмент — ЛВЖ, ГЖ — газовая установка, прибор, плита — электроинструмент — технологический аппарат.

Согласно статистическим данным по пожарам в Российской Федерации [22] наиболее распространенными источниками возникновения пожара являются: ЛВЖ, ГЖ — 34 %; технологический аппарат — 6 %; сигарета, спички, зажигалка — 5 %; кабель, электропровод — 3 %; автоматический выключатель — 2 %. Как видим, *результаты опросов специалистов на конкретном объекте защиты незначительно отличаются* от официальных статистических данных.

По результатам исследования эксперты (специалисты) установили, что наиболее распространенными причинами возможных на предприятии пожаров, расположенными по степени их значимости, являются (см. рис. 2): нарушение правил пожарной безопасности (далее — ППБ) при проведении огневых работ — нарушение ППБ при проведении электрогазосварочных работ — неосторожное обращение с огнем — разряд статического электричества — нарушение технологического процесса производства.

Согласно статистическим данным по пожарам в Российской Федерации наиболее распространенными причинами пожаров, применимыми к объектам складирования нефти и нефтепродуктов, являются: нарушение ППБ при проведении электрогазосварочных работ — 21 %; неосторожное обращение с огнем — 16 %; нарушение технологического регламента процесса производства — 13 %; нарушение

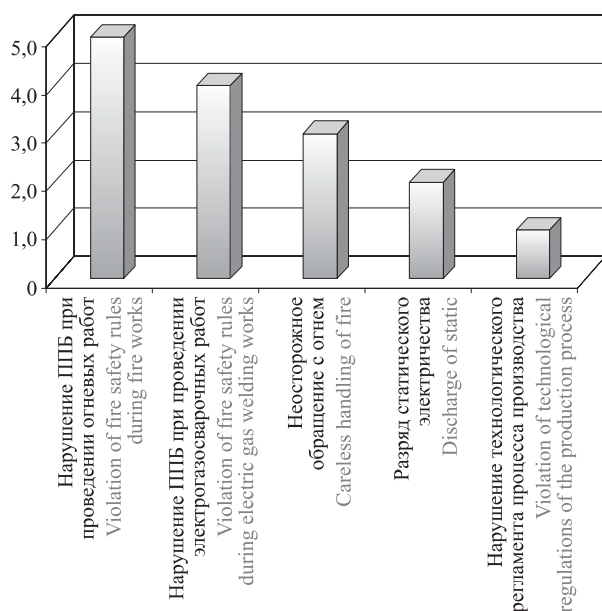


Рис. 2. Результаты ранжирования по вопросу № 2
Fig. 2. Results of ranking on issue No. 2

правил технической эксплуатации электрооборудования — 9 %; разряд статического электричества — 8 %; нарушение ППБ при проведении огневых работ — 7 %.

Таким образом, специалисты обращают внимание на особую опасность *при проведении огневых работ, при этом количество пожаров по данной причине за рассматриваемый период является минимальным.*

По результатам исследования эксперты определили, что наиболее распространенными пожароопасными факторами, характеризующими технологию хранения, по степени их значимости в порядке убывания являются: разгерметизация — перекачка нефтепродуктов — ремонт (см. рис. 3).

По результатам ранжирования по вопросу № 4 экспертами установлены наиболее пожароопасные газоопасные работы по степени их опасности в порядке убывания: выделение газа в рабочую зону — разгерметизация оборудования — разгерметизация коммуникаций — осмотр, чистка, ремонт.

По результатам исследования эксперты определили, что наиболее распространенными факторами, которые могут повлиять на причину пожара, по сте-

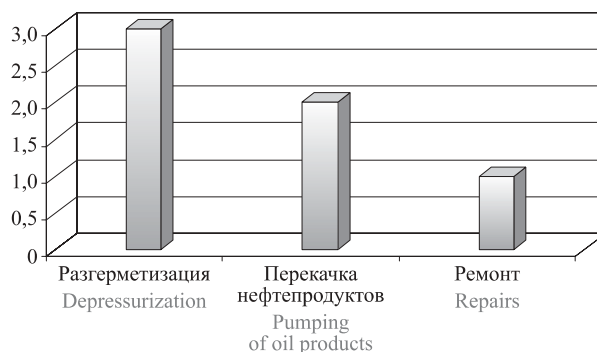


Рис. 3. Результаты ранжирования по вопросу № 3
Fig. 3. Results of ranking on issue No. 3

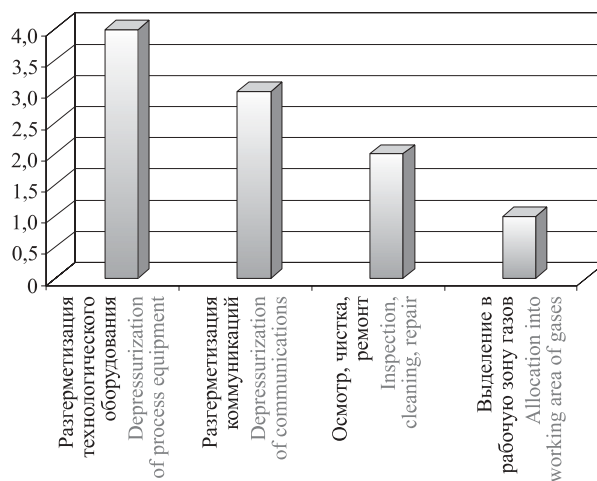


Рис. 4. Результаты ранжирования по вопросу № 4
Fig. 4. Results of ranking on issue No. 4

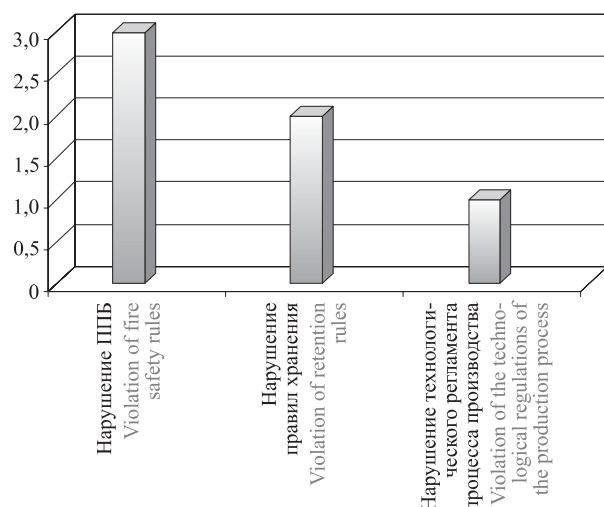


Рис. 5. Результаты ранжирования по вопросу № 5

Fig. 5. Results of ranking on issue No. 5

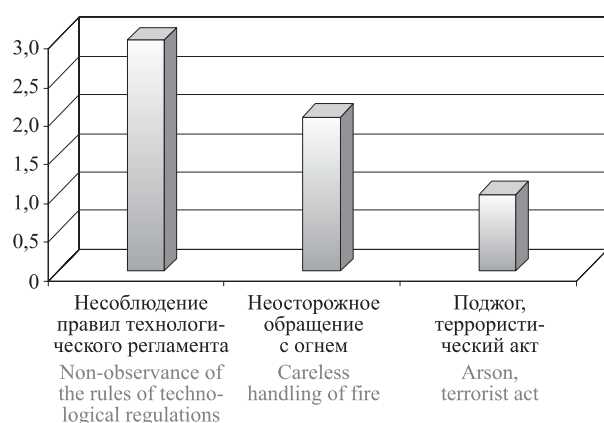


Рис. 6. Результаты ранжирования по вопросу № 6

Fig. 6. Results of ranking on issue No. 6

пени их значимости в порядке убывания являются: нарушение ППБ — нарушение правил хранения — нарушение технологического регламента процесса.

По результатам исследования установлено, что наиболее распространенными человеческими факторами, которые могут повлиять на возникновение

пожара, по степени их значимости являются: поджог, террористический акт — неосторожное обращение с огнем — несоблюдение правил технологического регламента.

По завершении опроса специалистов все ответы сохраняются и помещаются в базу данных компьютерной программы. Оператор (пользователь) программы извлекает интересующие его данные и проводит собственный анализ полученных результатов.

Результаты опроса позволяют сформировать и выявить закономерности, определить слабые места в системе обеспечения пожарной безопасности, в отношении которых требуется применить первоочередные мероприятия, направленные на восстановление (поддержание) пожаробезопасного состояния конкретного объекта защиты.

Заключение

Полученные при опросе специалистов-экспертов данные позволяют сформировать базу данных экспертной системы поддержки принятия решений для предотвращения пожаров на объектах нефтегазовой отрасли. Логические связи вопросов и ответов можно обобщить и выявить определенные закономерности, которые необходимо идентифицировать как полученные знания [24].

При полном насыщении базы знаний ожидается, что данная компьютерная экспертная система позволит пользователю правильно и своевременно идентифицировать пожароопасную ситуацию на обслуживаемом объекте защиты, получить необходимую информационно-аналитическую поддержку для их предотвращения.

На завершающей стадии исследования планируется дальнейшая апробация разработанной информационной технологии на объектах нефтегазовой отрасли. По их результатам будет проведено обобщение разработанных моделей и алгоритмов управления пожарной безопасностью на производственных объектах нефтегазовой отрасли с использованием компьютерных экспертных систем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Осипов Г. С. Динамические интеллектуальные системы // Искусственный интеллект и принятие решений. — 2008. — № 1. — С. 47–54.
2. Серебровский А. Н. О формировании баз знаний экспертных систем оценки техногенной опасности : материалы 8-й Международной конференции “Интеллектуальный анализ информации — ИАИ–2008” (Киев). — Киев : Просвіта, 2008. — С. 422–430.
3. Юсупова Н. И., Шахматова Г. Р., Еникеева К. Р. Модели представления знаний для идентификации опасностей промышленного объекта // Вестник УГАТУ. — 2008. — Т. 11, № 1. — С. 91–100.
4. Khan F., Rathnayaka S., Ahmed S. Methods and models in process safety and risk management: past, present and future // Process Safety and Environmental Protection. — 2015. — Vol. 98. — P. 116–147. DOI: 10.1016/j.psep.2015.07.005.

5. Данеев А. В., Жигалов Н. Ю., Шварц-Зиндер С. Н. Диагностическая экспертиза оболочки для нужд информационного обеспечения проведения пожарно-технических экспертиз // Вестник Восточно-Сибирского института МВД России. — 2009. — № 3(50). — С. 96–101.
6. Supriadi L. S. R., Pheng L. S. Knowledge Based Decision Support System (KBDSS) // Business Continuity Management in Construction. Management in the Built Environment. — Singapore : Springer, 2018. — P. 155–174. DOI: 10.1007/978-981-10-5487-7_7.
7. Walia A., Singhal N., Sharma A. K. A novel e-learning approach to add more cognition to semantic Web // IEEE International Conference on Computational Intelligence & Communication Technology (13–14 February 2015, Ghaziabad, India). — Piscataway, New Jersey, US : IEEE, 2015. — P. 13–17. DOI: 10.1109/cict.2015.15.
8. Акинин Н. И., Булхов Н. Н., Гериш В. А. Статистический анализ причин аварий и травматизма на опасных производственных объектах // Пожаровзрывобезопасность / Fire and Explosion Safety. — 2010. — Т. 19, № 10. — С. 53–55.
9. Watts J. M., Hall J. R. Introduction to fire risk analysis // SFPE Handbook of Fire Protection Engineering. — New York, NY : Springer, 2016. — P. 2817–2826. DOI: 10.1007/978-1-4939-2565-0_72.
10. Hanea D. M., Jagtman H. M., Ale B. J. M. Analysis of the Schiphol Cell Complex fire using a Bayesian belief net based model // Reliability Engineering & System Safety. — 2012. — Vol. 100. — P. 115–124. DOI: 10.1016/j.ress.2012.01.002.
11. Mohammadfam I., Zarei E. Safety risk modeling and major accidents analysis of hydrogen and natural gas releases: A comprehensive risk analysis framework // International Journal of Hydrogen Energy. — 2015. — Vol. 40, No. 39. — P. 13653–13663. DOI: 10.1016/j.ijhydene.2015.07.117.
12. Sandercock P. M. L. Fire investigation and ignitable liquid residue analysis — A review: 2001–2007 // Forensic Science International. — 2008. — Vol. 176, No. 2–3. — P. 93–110. DOI: 10.1016/j.forsciint.2007.09.004.
13. Necci A., Cozzani V., Spadoni G., Khan F. Assessment of domino effect: State of the art and research needs // Reliability Engineering & System Safety. — 2015. — Vol. 143. — P. 3–18. DOI: 10.1016/j.ress.2015.05.017.
14. Тростянский С. Н., Зенин Ю. Н., Минаев В. А., Скрыль С. В., Бакаева Г. А. Оценка вероятности возникновения пожаров на основе математической модели, учитывающей факторы, определяющие долю нарушителей требований пожарной безопасности среди собственников объектов // Пожарная безопасность. — 2013. — № 2. — С. 86–91.
15. Козлова Т. Д. Экспертная система поддержки процесса диагностирования автоматических станочных модулей : дис. ... канд. техн. наук. — Саратов, 2013. — 144 с.
16. Bhoskar T., Kulkarni O. K., Kulkarni N. K., Patekar S. L., Kakandikar G. M., Nandedkar V. M. Genetic algorithm and its applications to mechanical engineering: A review // Materials Today: Proceedings. — 2015. — Vol. 2, No. 4–5. — P. 2624–2630. DOI: 10.1016/j.matpr.2015.07.219.
17. Milov V. R., Suslov B. A., Kryukov O. V. Intellectual management decision support in gas industry // Automation and Remote Control. — 2011. — Vol. 72, No. 5. — P. 1095–1101. DOI: 10.1134/s0005117911050183.
18. Назаров В., Коротовских Я. Прогнозирование пожаровзрывоопасности объектов НГК при помощи компьютерных технологий // ТехНадзор. — 2011. — № 7(56). — С. 54–55.
19. Зуев Н. Ю., Хабибулин Р. Ш., Рыженко А. А. Компьютерная реализация экспертной системы для расследования пожаров на объектах нефтепереработки // Технологии техносферной безопасности. — 2015. — Вып. 2(60). — С. 73–77. URL: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2015-2/34-02-15.ttb.pdf> (дата обращения: 12.01.2018).
20. Орлов А. И. Экспертные оценки : учебное пособие. — М., 2002. — 31 с.
21. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ 2016615884. Программа для сбора экспертных данных в области обеспечения пожарной безопасности объектов складирования нефти и нефтепродуктов / Хабибулин Р. Ш., Картавцев К. А., Зуев Н. Ю. — № 2016613345; заявл. 05.04.2016; опублик. 20.06.2016.
22. Федеральный банк данных “Пожары” : Федеральная государственная информационная система. URL: <http://www.mchs.gov.ru/document/219031> (дата обращения: 12.01.2018).
23. Kendall M. G., Smith B. Babington. The problem of m rankings // The Annals of Mathematical Statistics. — 1939. — Vol. 10, No. 3. — P. 275–287. DOI: 10.1214/aoms/1177732186.
24. Хабибулин Р. Ш., Картавцев К. А., Зуев Н. Ю. Подсистема управления знаниями в системе пожарной безопасности объектов нефтепереработки // Системы безопасности-2015 : матер. 24-й Междунар. науч.-техн. конф. — М. : Академия ГПС МЧС России, 2015. — С. 461–462.

Материал поступил в редакцию 20 января 2018 г.

Для цитирования: Зуев Н. Ю., Хабибулин Р. Ш., Шихалев Д. В., Гудин С. В. Информационная технология экспертного опроса специалистов нефтегазовой отрасли для предотвращения пожаров на объектах защиты // Пожаровзрывобезопасность / Fire and Explosion Safety. — 2018. — Т. 27, № 5. — С. 17–25. DOI: 10.18322/PVB.2018.27.05.17-25.

English

INFORMATION TECHNOLOGY OF EXPERT POLL OBSERVATION OF OIL AND GAS INDUSTRIAL SPECIALISTS FOR PREVENTION OF FIRE ON PROTECTION OBJECTS

ZUEV N. Yu., Competitor of Faculty of Scientific and Pedagogical Staff, State Fire Academy of Emercom of Russia (Borisa Galushkina St., 4, Moscow, 129366, Russian Federation; e-mail: n.u.zuev@mail.ru)

KHABIBULIN R. Sh., Candidate of Technical Sciences, Docent, Head of Information Technologies Department, State Fire Academy of Emercom of Russia (Borisa Galushkina St., 4, Moscow, 129366, Russian Federation; e-mail: kh-r@yandex.ru)

SHIKHALEV D. V., Candidate of Technical Sciences, Researcher of Educational-Scientific Complex of Automated Systems and Information Technologies, State Fire Academy of Emercom of Russia (Borisa Galushkina St., 4, Moscow, 129366, Russian Federation; e-mail: evacsystem@gmail.com)

GUDIN S. V., Candidate of Technical Sciences, Researcher of Educational-Scientific Complex of Automated Systems and Information Technologies, State Fire Academy of Emercom of Russia (Borisa Galushkina St., 4, Moscow, 129366, Russian Federation; e-mail: sergey.gudin@firerisks.ru)

ABSTRACT

Introduction. At many protection facilities one of the most important problems is the lack or absence of highly qualified specialists with the appropriate professional education, knowledge and experience that can prevent in a timely manner, predict the fire hazard situation, suggest the necessary measures to reduce fire risk, and minimize the consequences from a fire.

Studies were carried out in the framework of the identification of the causes of ignition sources, products and devices that caused a fire. To determine these regularities, an analysis of statistical data on fires that occurred between 2001 and 2015 was carried out at production facilities for storing oil and oil products.

Methods. The expert's goal was to fill the knowledge base of the developed computer expert system, which allows specialists to take timely measures to prevent fires and reduce fire danger. As moderators of expert appraisal, experts of State Fire Service Academy of Emercom of Russia acted. Their task was to clarify the purpose, tasks of expert evaluation, questions and answers. As experts, employees of one of the typical oil and petroleum product storage facilities, corresponding to the following categories: workers of various specialties (carpenters, electricians, electric and gas welders, plumbers, repairmen) and engineers and technicians (chief mechanic, engineers of the production and technical department, the goods operator (refuellers)).

Results and discussion. The data obtained as a result of the survey allows us to identify patterns, identify weaknesses in the fire safety system for which priority actions are required, and also to create a database of expert decision support systems. Logical links between questions and answers can be generalized and identified certain regularities that need to be identified as acquired knowledge.

Conclusions. With full knowledge base saturation, this expert system will allow the user to correctly and timely identify a fire hazard situation on the protected object, receive the necessary information and analytical support to prevent them.

Keywords: computer expert system; interview; oil and gas industry; knowledge base; fire-hazardous situations.

REFERENCES

1. Osipov G. S. Intelligent dynamic systems. *Scientific and Technical Information Processing*, 2010, vol. 37, no. 5, pp. 259–264 (in Russian).
2. Serebrovskiy A. N. About the formation of knowledge bases of expert systems for assessing man-made hazards. In: *Intellektualnyy analiz informatsii. VIII Mezhdunarodnaya konferentsiya* [Intelligent Information Analysis. Proceedings of VIII International Conference]. Kiev, Prosvita Publ., 2008, pp. 422–430 (in Russian).
3. Yusupova N. I., Shakhmametova G. R., Enikeeva K. R. Knowledge representation models for identification of dangers of industrial objects. *Vestnik UGATU / Bulletin of Ufa State Aviation Technical University*, 2008, vol. 11, no. 1, pp. 91–100 (in Russian).
4. Khan F., Rathnayaka S., Ahmed S. Methods and models in process safety and risk management: past, present and future. *Process Safety and Environmental Protection*, 2015, vol. 98, pp. 116–147. DOI: 10.1016/j.psep.2015.07.005.
5. Daneev A. V., Zhigalov N. Yu., Schwarz-Zinder S. N. Diagnostic expert casing for the needs of information for fire-technical expertise. *Vestnik Vostochno-Sibirskogo instituta MVD Rossii / Vestnik of the Eastern Siberia Institute of the Ministry of the Interior of the Russian Federation*, 2009, no. 3(50), pp. 96–101 (in Russian).
6. Supriadi L. S. R., Pheng L. S. Knowledge Based Decision Support System (KBDSS). In: *Business Continuity Management in Construction. Management in the Built Environment*. Singapore, Springer, 2018, pp. 155–174. DOI: 10.1007/978-981-10-5487-7_7.
7. Walia A., Singhal N., Sharma A. K. A novel e-learning approach to add more cognition to semantic Web. *IEEE International Conference on Computational Intelligence & Communication Technology* (13–14 February 2015, Ghaziabad, India). Piscataway, New Jersey, US, IEEE, 2015, pp. 13–17. DOI: 10.1109/cict.2015.15.
8. Akinin N. I., Bulhov N. N., Gerish V. A. The statistical analysis of reasons of accident and industrial injuries on dangerous industrial objects. *Pozharovzryvobezopasnost / Fire and Explosion Safety*, 2010, vol. 19, no. 10, pp. 53–55 (in Russian).
9. Watts J. M., Hall J. R. Introduction to fire risk analysis. In: *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*. New York, NY, Springer, 2016, pp. 2817–2826. DOI: 10.1007/978-1-4939-2565-0_72.
10. Hanea D. M., Jagtman H. M., Ale B. J. M. Analysis of the Schiphol Cell Complex fire using a Bayesian belief net based model. *Reliability Engineering & System Safety*, 2012, vol. 100, pp. 115–124. DOI: 10.1016/j.res.2012.01.002.
11. Mohammadfam I., Zarei E. Safety risk modeling and major accidents analysis of hydrogen and natural gas releases: A comprehensive risk analysis framework. *International Journal of Hydrogen Energy*, 2015, vol. 40, no. 39, pp. 13653–13663. DOI: 10.1016/j.ijhydene.2015.07.117.
12. Sandercock P. M. L. Fire investigation and ignitable liquid residue analysis — A review: 2001–2007. *Forensic Science International*, 2008, vol. 176, no. 2–3, pp. 93–110. DOI: 10.1016/j.forsciint.2007.09.004.
13. Necci A., Cozzani V., Spadoni G., Khan F. Assessment of domino effect: State of the art and research needs. *Reliability Engineering & System Safety*, 2015, vol. 143, pp. 3–18. DOI: 10.1016/j.res.2015.05.017.
14. Trostyanskiy S. N., Zenin Yu. N., Minaev V. A., Skryl S. V., Bakayeva G. A. Evaluation of the fire occurrence probability based on the mathematical model taking into account the factors defining the share of offenders of the fire security requirements in the facility owners. *Pozharnaya bezopasnost / Fire Safety*, 2013, no. 2, pp. 86–91 (in Russian).
15. Kozlova T. D. *Expert system for supporting the process of diagnosing automatic machine modules*. Cand. tech. sci. diss. Saratov, 2013. 144 p. (in Russian).
16. Bhoskar T., Kulkarni O. K., Kulkarni N. K., Patekar S. L., Kakandikar G. M., Nandedkar V. M. Genetic algorithm and its applications to mechanical engineering: A review. *Materials Today: Proceedings*, 2015, vol. 2, no. 4–5, pp. 2624–2630. DOI: 10.1016/j.matpr.2015.07.219.
17. Milov V. R., Suslov B. A., Kryukov O. V. Intellectual management decision support in gas industry. *Automation and Remote Control*, 2011, vol. 72, no. 5, pp. 1095–1101. DOI: 10.1134/s0005117911050183.
18. Nazarov V., Korotovskikh Ya. Forecasting fire and explosion hazard of NGK objects using computer technology. *Tekhnadzor / Technical Supervision*, 2011, no. 7(56), pp. 54–55 (in Russian).
19. Zuev N. Yu., Khabibulin R. Sh., Ryzhenko A. A. Computer implementation of expert system to investigate the fire on objects of oil refining. *Tekhnologii tekhnosfernoy bezopasnosti / Technology of Technosphere Safety*, 2015, issue 2(60), pp. 73–77 (in Russian). Available at: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2015-2/34-02-15.ttb.pdf> (Accessed 12 January 2018).

20. Orlov A. I. *Ekspertnyye otsenki. Uchebnoye posobiye* [Expert assessments. Tutorial]. Moscow, 2002. 31 p. (in Russian).
21. Khabibulin R. Sh., Kartavtsev K. A., Zuev N. Yu. *The program for data collection in the field of fire safety of oil and petroleum products storage facilities*. Certificate of State Registration of the Computer Program RU, no. 2016615884, publ. date 20.06.2016 (in Russian).
22. *Federal Data Bank "Fires". Federal State Information System* (in Russian). Available at: <http://www.mchs.gov.ru/document/219031> (Accessed 12 January 2018).
23. Kendall M. G., Smith B. Babington. The problem of m rankings. *The Annals of Mathematical Statistics*, 1939, vol. 10, no. 3, pp. 275–287. DOI: 10.1214/aoms/1177732186.
24. Khabibulin R. Sh., Kartavtsev K. A., Zuev N. Yu. Knowledge management subsystem in the fire safety system of oil refining facilities. In: *Sistemy bezopasnosti–2015. Materialy 24-y Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii* [Security Systems–2015. Proceedings of 24th International Scientific-Technical Conference]. Moscow, State Fire Academy of Emercom of Russia Publ., 2015, pp. 461–462 (in Russian).

For citation: Zuev N. Yu., Khabibulin R. Sh., Shikhalev D. V., Gudin S. V. Information technology of expert poll observation of oil and gas industrial specialists for prevention of fire on protection objects. *Pozharovzryvobezopasnost / Fire and Explosion Safety*, 2018, vol. 27, no. 5, pp. 17–25 (in Russian). DOI: 10.18322/PVB.2018.27.05.17-25.



Издательство «ПОЖНАУКА»

Представляет книгу



Д. Г. Пронин, Д. А. Корольченко
ДЕЛЕНИЕ ЗДАНИЙ НА ПОЖАРНЫЕ
ОТСЕКИ : учебное пособие.
 — М. : Издательство "ПОЖНАУКА".

В учебном пособии изложены базовые основы, действующие требования и современные представления о целях, задачах и способах ограничения распространения пожара по зданиям и сооружениям путем их разделения на пожарные отсеки.

Пособие предназначено для студентов Московского государственного строительного университета. Оно может быть использовано также другими образовательными учреждениями и практическими работниками, занимающимися вопросами обеспечения пожарной безопасности.

121352, г. Москва, а/я 43; тел./факс: (495) 228-09-03; e-mail: info@fire-smi.ru