

**Н. Г. ТОПОЛЬСКИЙ**, д-р техн. наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, профессор кафедры информационных технологий, Академия ГПС МЧС России (Россия, 129366, г. Москва, ул. Бориса Галушкина, 4; e-mail: ntopolskii@mail.ru)

**И. В. САМАРИН**, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры автоматизации технологических процессов, Российский государственный университет нефти и газа (Национальный исследовательский университет) имени И. М. Губкина (Россия, 119991, г. Москва, Ленинский просп., 65, корп. 1; e-mail: ivs@gubkin.ru)

**А. Ю. СТРОГОНОВ**, аспирант кафедры автоматизации технологических процессов, Российский государственный университет нефти и газа (Национальный исследовательский университет) имени И. М. Губкина (Россия, 119991, г. Москва, Ленинский просп., 65, корп. 1)

УДК 658.5

## МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ МЕРОПРИЯТИЯМИ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ОБЪЕКТАХ ТЭК В СОСТАВЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ УПРАВЛЕНИЯ

Рассмотрен комплексный подход к оценке эффективности управления мероприятиями пожарной безопасности (ПБ) на объектах топливно-энергетического комплекса (ТЭК). Путем формализации процесса получена формула для оценки эффективности управления мероприятиями ПБ. Предложена двумерная сетевая структура, характеризующая процесс оперативного управления ПБ, при построении математической модели оценки качества принятия решений в автоматизированной системе пожаровзрывобезопасности (АСПВБ). Рассмотрена схема данного процесса с учетом ряда ограничений. Показано, что наиболее эффективной организация управления мероприятиями ПБ на объектах ТЭК становится при достаточном уровне обеспечения их дежурных смен личным составом.

**Ключевые слова:** автоматизация; пожаровзрывобезопасность; автоматизированная система пожаровзрывобезопасности; дежурная смена; критерии подбора; оптимизация; параметры управления; состояние; принятие решений; стратегическое планирование; оперативное управление; показатель эффективности.

**DOI:** 10.18322/PVB.2018.27.12.19-26

### Введение

Оперативное управление мероприятиями пожарной безопасности (ПБ) всегда было приоритетным направлением деятельности дежурных смен на предприятиях нефтеперерабатывающей и газоперерабатывающей отраслей. Согласно статистике они являются причиной «около 48 % выбросов пожаровзрывоопасных веществ в атмосферу» ([1], с. 6), поэтому оперативное управление мероприятиями ПБ для данных объектов топливно-энергетического комплекса (ТЭК) особенно актуально.

Для предотвращения опасных событий, связанных с риском возникновения пожаров и взрывов, на объектах ТЭК предпринимаются различные меры безопасности [2]. Выполнение требований стандартизации в области управления безопасностью и заблаговременное планирование являются эффективными средствами контроля [3]. Задачи обеспечения ПБ на объектах ТЭК достаточно хорошо описаны в

специализированной технической литературе и закреплены в действующей нормативной базе (законах, ГОСТах, СНиПах и т. п.). Тем не менее задачи оперативного управления, связанные с развитием конкретных ситуаций на объектах ТЭК, требуют внимательного и пристального изучения в контексте их развития в каждом отдельном случае. При этом необходимо принимать во внимание большое количество различных ситуативных обстоятельств, каждое из которых является, возможно, параметром, а возможно, и критерием в сложной многокритериальной задаче управления ПБ на объекте ТЭК.

Для решения подобных задач предложено немало эффективных моделей и алгоритмов, каждый из которых позволяет находить ее отдельные частные решения. Однако в новых условиях решение сложных задач оперативного управления ПБ на указанных и иных объектах ТЭК требует более системного и комплексного подхода. В связи с этим для

решения данной сложной задачи необходимо привлекать новые математические модели. Учитывая то обстоятельство, что задача многокритериального управления ПБ на объектах ТЭК должна решаться в рамках конкретных предприятий, целесообразно использовать для такого решения инструментарий стратегического планирования, который позволяет оценивать вклады конкретных мероприятий ПБ (в случае их выполнения или невыполнения по определенным причинам) в общую стратегическую цель такого управления — обеспечение ПБ на объектах ТЭК. Следует отметить, что рассмотренные в работах [4–7] методика, алгоритмы и процедуры стратегического планирования при управлении современным предприятием могут вполне гармонично использоваться для оценки эффективности оперативного управления мероприятиями ПБ на объектах ТЭК.

Из теории управления [8] известно, что одной из главных задач всякого менеджмента (управления, в контуре которого находится человек — лицо, принимающее решения (ЛПР), или группа ЛПР) является организация эффективного оперативного управления объектом управления. Для него регламентированы не только задачи и процедуры, но и время, в течение которого установленные процедуры должны выполняться. Для случая управления ПБ на объектах ТЭК время на принятие решений ЛПР крайне ограничено, поэтому для принятия правильного решения в течение очень короткого промежутка времени ЛПР необходима максимально полная информация об объекте управления [9]. Кроме того, для сокращения объема информации, которую ЛПР должен оценить за короткое время для принятия решения, необходима аналитическая группа, берущая на себя подавляющую часть данной работы, и специальное программное обеспечение (СПО), функционирующее в рамках автоматизированной системы поддержки управления (для предприятий и объектов ТЭК — технологическими процессами (АСУТП)). Для управления ПБ на предприятиях отрасли обычно применяются автоматизированные системы пожаровзрывобезопасности (АСПВБ) [1]. ЛПР в лице руководителя дежурной смены объекта ТЭК является ключевым звеном управления ПБ.

Для сокращения объема информации в АСПВБ, обрабатываемой аналитической группой при оперативном управлении ПБ, применяют различные математические модели [10]. При этом для повышения эффективности управления ПБ информация о событиях, ставших причиной нарушения ПБ на объектах ТЭК, накапливается в АСПВБ в базах данных (БД), которые являются составной частью информационного обеспечения АСПВБ ([1], с. 217).

Залогом успешности достижения общей цели — обеспечения ПБ на объекте ТЭК — является своевременное выполнение регламентированных мероприятий [11]. Вместе с тем в РФ имеется дефицит производственной, технической и научной базы по созданию отечественных средств и приборов по линии обеспечения ПБ, особенно на объектах ТЭК. В последние 20 лет в реальных условиях на них применяются импортные системы контроля, диагностики и обеспечения ПБ, в том числе датчики [12], концентраторы и даже линии связи [13, 14]: например, датчики загазованности Draeger [15], отсечные клапаны Emerson, многокомпонентные анализаторы Modcon. В связи с этим и объекты ТЭК, которые вынуждены функционировать в особых условиях финансово-экономических ограничений, и предприятия, выпускающие для них новую отечественную высокотехнологичную продукцию по линии ПБ, уже не могут в полной мере гарантировать полного выполнения всех регламентированных мероприятий ПБ на территории своих производств. Из-за этого общий уровень обеспечения ПБ снижается. Следовательно, и общее, и оперативное управление ПБ необходимо выстраивать иначе.

Дефицит времени при оперативном управлении и отсутствие возможности выполнения ряда позиций планов мероприятий ПБ заставляют ЛПР руководствоваться личными знаниями, опытом и интуицией [11]. Аналогичным образом действуют и аналитики в его команде. Это означает, что из автоматического режима управления АСПВБ переходит в автоматизированный, человеко-машинный, а решения о состоянии управления ПБ и мероприятиях реагирования принимаются экспертными методами [16].

Основной целью данного исследования является формирование обоснованных подходов к анализу изменения эффективности управления мероприятиями ПБ на объектах ТЭК. В процессе построения модели определен характер параметров управления состоянием ПБ, установлена их зависимость от численности сотрудников состава ЛПР. Выявлены также причины отклонения принимаемых в АСПВБ решений от оптимальных. Для дальнейшей оценки снижения эффективности управления предложена функция показателя эффективности управления ЛПР ПБ. При анализе результатов моделирования рассмотрена зависимость значений данного показателя от введенного обобщенного параметра управления мероприятиями.

### Методы исследования

С точки зрения группы наук о восприятии человеком окружающей среды любой человек способен воспринимать лишь ограниченное количество ва-

риантов управленческих решений [17]. Результаты экспериментов свидетельствуют о том, что люди в состоянии одновременно сопоставить между собой всего лишь  $(7 \pm 2)$  операндов (объектов, элементов, кластеров, понятий). По каждому из них человек способен зафиксировать примерно  $(7 \pm 2)$  состояний. Следовательно, ЛПР может гарантированно точно принимать решения, оперируя  $7^7 = 0,823543$  млн. вариантов состояний вверенного ему объекта управления ([18], с. 2), причем не всегда осознанно.

Кадровая работа по линии управления на объектах ТЭК поставлена достаточно хорошо, поэтому руководителями соответствующих позиций в АСПВБ на объектах ТЭК и аналитиками в их группах становятся квалифицированные и тренированные люди. Для таких сотрудников число регистрируемых состояний и объектов несколько больше среднего стандартного. Так как немалая часть обрабатываемых ими для принятия решений по ПБ объектов связана не только с самим объектом, но и с его внешним окружением (расположение пожарных частей по отношению к объекту ТЭК, максимальное время прибытия сил и средств, наличие доступных источников воды для тушения, их удаленность от объекта ТЭК и т. п.), округлим цифру состояний. В этом случае ЛПР в процессе управления ПБ на вверенном ему объекте ТЭК будет учитывать до 1 млн. его состояний.

Выберем для построения модели оценки качества принятия решений ЛПР по управлению ПБ на объекте ТЭК двумерную сетевую структуру, соответствующую в определенном приближении операндам и их состояниям, откладываемым по различным осям координатной сетки [10]. И операнды, и их состояния будем рассматривать в виде параметров управления ПБ, выполняемого ЛПР на объекте ТЭК. Для описания модели примем также ряд ограничений. Будем рассматривать схему процесса оперативного управления ПБ в следующем виде:

1) решения по каждому параметру управления ПБ принимаются отдельно;

2) при переходе значений параметров управления ПБ через определенные узловые значения ЛПР должен принять решение (рис. 1); здесь и далее будем считать это дискретным (квантованным) набором состояний объекта управления;

3) ЛПР не принимает решение до тех пор, пока значения параметров управления находятся между узлами.

Изменение численности управленческого аппарата и аналитического состава  $L$ , используемого ЛПР на объекте ТЭК, пропорционально меняет количество параметров управления ПБ и их состояний. Иными словами, меняется количество узлов координатной сетки для каждого участника процесса

Узловые значения параметров управления  
Nodal values of control parameters

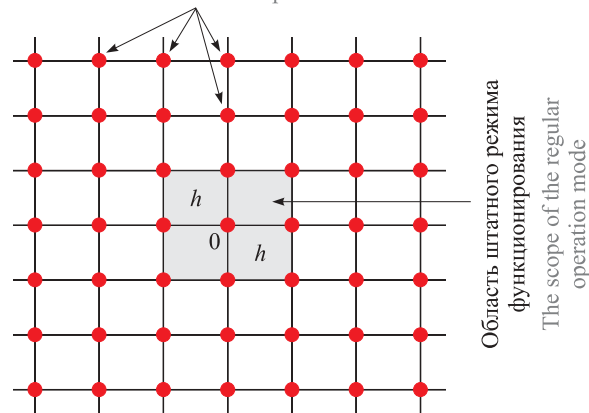


Рис. 1. Сеть для оперативного управления ПБ на объекте ТЭК:  $h$  — величина, определяющая степень детализации при анализе каждого параметра управления

Fig. 1. Grid for operational management of FS at facility of the fuel and energy complex:  $h$  — the value that determines the level of detail in the analysis of each control parameter

управления ПБ. Это также следует учитывать ЛПР при формировании своих решений.

Рассмотрим характер этой зависимости. Сокращение численности аппарата ЛПР увеличивает число параметров анализа или контроля состояния ПБ на организационную единицу управления. Если принять их число за  $k$ , то количество обрабатываемых в ходе процесса принятия решения узлов (степень детализации (квантования) параметров модели) оценки состояния ПБ выражается простым соотношением

$$k = F/L, \quad (1)$$

где  $F$  — общее число параметров автоматизированного управления ПБ;

$L$  — число сотрудников аппарата ЛПР и аналитического состава, используемых ЛПР на объекте ТЭК.

Из (1) видно, что при возрастании  $L$  величина  $k$  снижается.

При этом должно выполняться условие

$$\left(\frac{M}{h}\right)^k = \left(\frac{M}{h}\right)^{F/L} = N, \quad (2)$$

где  $M$  — масштаб максимально допустимых отклонений параметров от некоторых оптимальных значений; будем далее полагать, что значения масштаба отклонений для всех параметров управления ПБ нормированы по отношению к 1;

$h$  — степень детализации при анализе каждого из возможных решений с учетом параметров ПБ в текущем управлении;

$N$  — число объектов оперативного управления ПБ на объекте ТЭК.

Из (2) видно, что

$$h = M/\sqrt[k]{N}. \quad (3)$$

Условие (2) задает правило постоянства числа возможных решений ЛПР в АСПВБ, поэтому при  $M = 1$

$$h = N^{-1/k} = N^{-L/F}. \quad (4)$$

Из формулы (4) следует, что при возрастании  $k = F/L$  увеличивается  $h$ , т. е. растет шаг в сетке (см. рис. 1), а значит, разрешающая способность в процессе управления ПБ снижается. Следовательно, отклонение принимаемых ЛПР решений от оптимальных увеличивается. Масштаб максимально допустимых отклонений также растет:

$$M = hN^{1/k}. \quad (5)$$

В результате эффективность управления ПБ снижается. Для оценки величины этого снижения введем функцию показателя эффективности управления ЛПР ПБ на объекте ТЭК, которую обозначим как  $W$ . Предположим, что в окрестности точки его экстремума (как вариант, начала координат) его значение (эффективность оперативного управления ПБ по заданным  $F$  независимым параметрам) описывается соотношением

$$W = e^{-\sum_{i=1}^F \alpha_i x_i^2}, \quad (6)$$

где  $\alpha_i$  — коэффициент значимости (важности) отклонения  $i$ -го параметра управления ПБ, определяющий устойчивость процесса управления ПБ на объекте ТЭК; чем  $\alpha_i$  больше, тем более критичное влияние оказывает отклонение соответствующего параметра на управление ПБ;  $x_i$  — степень отклонения  $i$ -го параметра ПБ при работе дежурной смены объекта ТЭК от его нужного значения.

Если в (6) выбрать масштаб для показателя эффективности  $W$ , при котором он станет равным 1 для определенной группы параметров управления ПБ, то управление ПБ на объекте ТЭК станет оптимальным [19].

Если также, упростив подход к важности отдельных параметров, считать, что все  $\alpha_i$  одинаковы и равны  $\alpha$  для всех  $\{\alpha_i, i = 1 \dots F\}$ , то (6) можно записать так:

$$W = e^{-\alpha \sum_{i=1}^F x_i^2}. \quad (7)$$

Такое упрощение может дать нормировка максимальных значений всех факторов по отношению к 1. В этом случае можно считать, что все параметры модели одинаковы по значимости и одинаково влияют на показатель эффективности.

При выполнении регламентированных мероприятий ПБ в штатном режиме на объекте ТЭК от-

сутствуют (или не зарегистрированы средствами АСПВБ) события, требующие экстренного реагирования ЛПР. В этом случае значения отклонений  $x_i$  для всех параметров управления ПБ близки к оптимальным и находятся в диапазоне  $[0 \dots h]$ . Иными словами, их абсолютные значения могут быть выражены в единицах  $h$ .

Тогда можно утверждать, что управление мероприятиями ПБ на объекте ТЭК удовлетворительным образом может осуществляться в автоматическом режиме или с помощью оборудования второго уровня информирования в АСУТП [20]. Операторы АСПВБ в дежурной смене выполняют работы согласно регламентированным процедурам обеспечения ПБ, а ЛПР следит за их действиями. Аналитики набирают статистику о конкретных условиях технологических процессов и готовят промежуточные отчеты для ЛПР. В таком режиме результаты управления ПБ на объекте ТЭК можно считать условно “плоскими”, так как иерархия принятия решений (от ЛПР к исполнительным механизмам) задействована не будет.

Учитывая это обстоятельство, проведем расчет показателя эффективности управления ПБ ЛПР на объекте ТЭК  $W$ , используя данные [7]. Снижение его значения, при условии, что “шаг” решений равен  $h$  (см. рис. 1), по каждому из параметров управления ПБ на объекте ТЭК определяется исходя из применения функции Лапласа [21]:

$$\Phi(x) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^x e^{-t^2} dt, \quad (8)$$

где  $t$  — некоторая переменная.

Если в принятии решений по ПБ в АСПВБ объекта ТЭК ЛПР допускает усреднение по времени их принятия, то в описанных выше условиях можно считать, что состояния сетки управления (см. рис. 1) также допускают усреднение по состояниям принятия решений согласно гипотезе об эргодичности процесса [22]. Физически это означает, что все регламентированные процедуры в процессе обеспечения ПБ на объекте ТЭК проводятся в соответствии с предписаниями нормативных документов (в том числе документов объекта ТЭК).

Тогда показатель эффективности управления ПБ ЛПР на объекте ТЭК можно записать в виде

$$W = \left( \frac{\sqrt{\pi/\alpha}}{h} \right)^F \Phi^F \left( \frac{h}{2} \sqrt{\alpha} \right). \quad (9)$$

Применяя (2), получаем:

$$W = \left[ \left( \frac{\sqrt{\pi}}{\sqrt{\alpha}} \right)^F \sqrt{N^L} \right] \Phi^F \left( \frac{\sqrt{\alpha}}{2 \sqrt{N^L}} \right). \quad (10)$$



Следует считать, что ошибка любого сотрудника дежурной смены, будь то оператор или аналитик, приведет к принятию ЛППР ошибочного решения и станет причиной неправильного реагирования на возникающее событие нарушения ПБ на объекте ТЭК. Это предположение особенно актуально в условиях применения на объектах ТЭК новых цифровых технологий, совмещающих в себе виртуальное и реальное производства [23].

Для того чтобы понять, каким образом следует принимать решения по ПБ, с тем чтобы обеспечить максимально возможное значение показателя эффективности управления ПБ, запишем следующее соотношение:

$$\left(\frac{\sqrt{\pi/\alpha}}{h}\right) \Phi\left(\frac{h}{2}\sqrt{\alpha}\right) = \int_0^1 e^{-\frac{1}{4}\alpha h^2 \xi^2} d\xi, \quad (11)$$

где  $\xi = 2x/h$ .

Если число параметров автоматизированного управления будет обеспечиваться кадрами дежурной смены в соотношении 1:1 ( $k \rightarrow 1$ ), то шаг принятия решений в сетке управления ПБ будет стремиться к 0 ( $k \rightarrow 0$ ). Из (11) видно, что в этом случае показатель эффективности управления ПБ будет стремиться к 1 ( $W \rightarrow 1$ ).

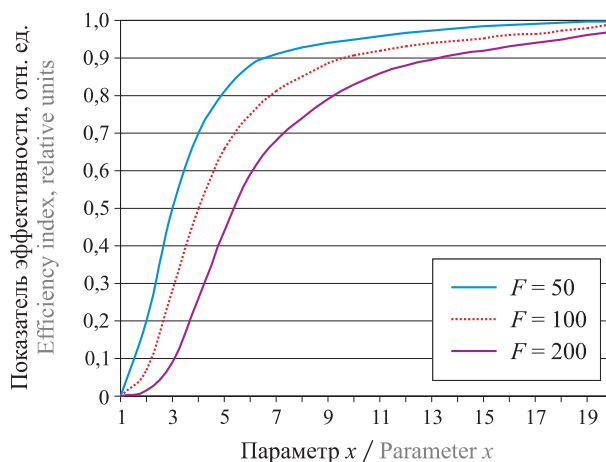
### Анализ результатов

Таким образом, чем более детально проработаны регламентные процедуры обеспечения ПБ на объекте ТЭК и чем более строгий порядок их закрепления за сотрудниками дежурных смен объектов, тем лучше показатель эффективности управления.

Установленная зависимость проиллюстрирована на рис. 2. Значения показателя эффективности управления  $W$  в данном случае рассчитаны исходя из значений обобщенного параметра управления мероприятиями ПБ в соответствии с формулой

$$x = \sqrt[F]{N^L} / \sqrt{\alpha}. \quad (12)$$

Реалии управления ПБ на объекте ТЭК делают зависимость показателя эффективности управления  $W$  от  $x$  ступенчатой. Предположим, что число параметров автоматизированного управления на реальном объекте ТЭК  $F$  равно 100. При этом обобщенный параметр (12) будет характеризовать “распределение обязанностей” в выполнении регламентных процедур между сотрудниками дежурной смены данного объекта при возникновении события нару-



**Рис. 2.** Зависимость эффективности управления мероприятиями ПБ на объекте ТЭК от обобщенного параметра управления при их разном числе

**Fig. 2.** Correlation of efficiency of FS management at facility of the fuel and energy complex and generalized parameter of management by different numbers

шения ПБ. Если сократить общее число параметров автоматизированного управления до 50, то мы получаем кривую, расположенную выше реальной ступенчатой функции, а если увеличить до 200, то кривую ниже ее (см. рис. 2). Аппроксимирующие реальную функцию кривые позволяют оценить качество управления мероприятиями ПБ на объекте ТЭК при различных условиях. При этом считается, что все показатели важности отдельных мероприятий по каждому из параметров  $\alpha$  равны 1, а количество объектов в сети оперативного управления ПБ на объекте ТЭК  $N = 10^6$  (100 сотрудников на 100 событий).

### Заключение

Таким образом, анализ результатов математического моделирования процесса управления ПБ на объектах ТЭК показал, что наиболее эффективной организация управления мероприятиями становится при достаточном уровне обеспечения дежурных смен объекта личным составом. Важно сохранять соотношение параметров автоматизированного управления и кадров дежурной смены максимально приближенным к 1. Предложено решение задачи о проблеме перехода АСПВБ из автоматического режима управления в автоматизированный из-за нехватки времени в процессе оперативного управления и невозможности полного выполнения планов мероприятий ПБ.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абросимов А. А., Топольский Н. Г., Федоров А. В. Автоматизированные системы пожаровзрывобезопасности нефтеперерабатывающих производств. — М. : МИПБ МВД России, 1999. — 239 с.

2. Dawoud S. M. Fire protection in the petroleum industry // SPE Annual Technical Conference and Exhibition (11–14 November, 2007, Anaheim, California, USA). DOI: 10.2118/110521-ms.
3. Antonsen S., Skarholt K., Ringstad A. J. The role of standardization in safety management — A case study of a major oil & gas company // Safety Science. — 2012. — Vol. 50, No. 10. — P. 2001–2009. DOI: 10.1016/j.ssci.2011.11.001.
4. Самарин И. В. Стратегическое планирование ОПК: актуальность и научно-методическое обеспечение // Стратегическая стабильность. — 2013. — № 2(63). — С. 67–73.
5. Самарин И. В. АСУ стратегического планирования на предприятии: уточнение методологических и инструментальных основ схемы планирования // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. — 2017. — № 2. — С. 31–44.
6. Самарин И. В., Фомин А. Н. Стратегическое планирование на предприятии: применение метода анализа иерархий для стратегического мониторинга деятельности // Экономика, статистика и информатика. Вестник УМО. — 2014. — № 5. — С. 84–89. DOI: 10.21686/2500-3925-2014-5-84-89.
7. Самарин И. В. О целесообразности иерархии в системе стратегического планирования и управления крупным предприятием // Инновации и инвестиции. — 2014. — № 8. — С. 109–114.
8. Мескон М. Х., Альберт М., Хедоури Ф. Основы менеджмента / Пер. с англ. — М.: Вильямс, 2006. — 672 с.
9. Hammond J. S., Keeney R. L., Raiffa H. Smart choices: A practical guide to making better decisions. — Boston: Harvard Business School Press, 1999. — 272 p.
10. Сухарев М. Г., Арсеньев-Образцов С. С., Жукова Т. М. Основы математического и компьютерного моделирования в задачах нефтегазового комплекса: учебное пособие для вузов. — М.: МАКС Пресс, 2010. — 120 с.
11. Nolan D. P. Handbook of fire and explosion protection engineering principles for oil, gas, chemical and related facilities. — 3<sup>rd</sup> ed. — Norwich, NY: William Andrew, 2010. — 496 p.
12. Bogue R. Sensors for fire detection // Sensor Review. — 2013. — Vol. 33, No. 2. — P. 99–103. DOI: 10.1108/02602281311299635.
13. IRP 15: Snubbing Operations. An Industry Recommended Practice (IRP) for the Canadian oil and gas industry. — May 2015. — Vol. 15. — 167 p. URL: <http://www.enform.ca/resources/download-resource.cfm?resourceId=25&type=pdf> (дата обращения: 11.10.2018).
14. Construction Health and Safety Manual: Oil Refineries and Petrochemical Plants. URL: [https://www.ihsa.ca/rtf/health\\_safety\\_manual/pdfs/locations/Oil\\_Refineries.pdf](https://www.ihsa.ca/rtf/health_safety_manual/pdfs/locations/Oil_Refineries.pdf) (дата обращения: 11.10.2018).
15. Lee W., Cheon M., Hyun C.-H., Park M. Development of building fire safety system with automatic security firm monitoring capability // Fire Safety Journal. — 2013. — Vol. 58. — P. 65–73. DOI: 10.1016/j.firesaf.2013.01.003.
16. Звягин Л. С. Математические методы системного анализа // Молодой ученый. — 2014. — № 18. — С. 1–5.
17. Клатцки Р. Память человека. Структуры и процессы / Пер. с англ. — М.: Мир, 1978. — 320 с.
18. Самарин И. В. Методика оценки эффективности оперативного управления предприятием // Естественные и технические науки. — 2014. — № 9-10(77). — С. 228–235.
19. Ногин В. Д. Введение в оптимальное управление: учеб.-метод. пособие. — СПб.: ЮТАС, 2008. — 92 с.
20. Андреев Е. Б., Ключников А. И., Кротов А. В., Попадько В. Е., Шарова И. Я. Автоматизация технологических процессов добычи и подготовки нефти и газа: учебное пособие для вузов. — М.: Недра-Бизнесцентр, 2008. — 399 с.
21. Зорич В. А. Математический анализ. — Изд. 8-е, испр. — М.: МЦНМО, 2017. — Ч. I. — 564 с.
22. Сухарев М. Г. Методы прогнозирования: учеб. пособие. — М.: МАКС Пресс, 2010. — 175 с.
23. Prakash J. Digital twins define oil & gas 4.0. URL: <https://www.arcweb.com/blog/digital-twins-define-oil-gas-40> (дата обращения: 21.10.2018).

Материал поступил в редакцию 8 ноября 2018 г.

**Для цитирования:** Топольский Н. Г., Самарин И. В., Строгонов А. Ю. Методика оценки эффективности управления мероприятиями пожарной безопасности на объектах ТЭК в составе автоматизированной системы поддержки управления // Пожаровзрывобезопасность / Fire and Explosion Safety. — 2018. — Т. 27, № 12. — С. 19–26. DOI: 10.18322/PVB.2018.27.12.19-26.

## TECHNIQUE OF AN ASSESSMENT OF EFFICIENCY OF MANAGEMENT OF FIRE SAFETY AT FACILITIES OF FUEL AND ENERGY COMPLEX USING BY COMPUTER-AIDED SUPPORT CONTROL SYSTEM

**N. G. TOPOLSKIY**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Honoured Science Worker of Russian Federation, Professor of Department of Information Technology, State Fire Academy of Emercom of Russia (Borisa Galushkina St., 4, Moscow, 129366, Russian Federation; e-mail: ntolskii@mail.ru)

**I. V. SAMARIN**, Candidate of Technical Sciences, Docent, Assistant Professor of Department of Automation of Technological Processes, Gubkin Russian State University of Oil and Gas (National Research University) (Leninskiy Avenue, 65, Bldg. 1, Moscow, 119991, Russian Federation; e-mail: ivs@gubkin.ru)

**A. Yu. STROGOV**, Postgraduate Student of Department of Automation of Technological Processes, Gubkin Russian State University of Oil and Gas (National Research University) (Leninskiy Avenue, 65, Bldg. 1, Moscow, 119991, Russian Federation)

### ABSTRACT

**Introduction.** This chapter considers the actuality importance of operational management of fire safety (FS) at facilities of the fuel and energy complex. The tools of strategic planning are proposed to assess of efficiency of the operational management of FS. The monitoring and analysis of volume of information are carried out by a decision maker (DM) using automated system of fire and explosion protection (ASFEP) is a part automated control system of technological process. The purpose of this article is described. It is the formation of system approaches to the analysis of changes in the efficiency of management of FS at facilities of the fuel and energy complex. To achieve this goal, mathematical modeling and analysis of the results are carried out.

**Methodology.** The construction of model for assessing the quality of decision-making by DM on the management of FS is considered. The scheme of process of operational management is presented in the form of two-dimensional network structure. Parameters of management of FS (operands and condition) are reserved for this structure. So there are certain restrictions. Then type of dependence of number of the administrative apparatus on number of parameters of manual control is taken into account. The author describes the reasons for the deviations of decisions from the optimal. Such deviations are consequence of the decrease in the efficiency of FS management. The function of an efficiency index of the operational management of FS is entered for assessment of this decrease.

**Results.** There is dependence of the work on the regulation procedures to ensure FS at facilities of the fuel and energy complex and of the value of an efficiency index of management. This dependence is justified. This dependence is illustrated in the form of curves. The equation of the generalized parameter of FS management is entered. Correlation of the value of an efficiency index and generalized parameter is determined the character of received curves.

**Conclusion.** In summary it can be concluded that the personnel on duty shifts should correspond to the number of parameters of manual control, thereby ensuring the efficiency of the organization of FS management.

**Keywords:** automation; fire and explosion safety; automated system of fire and explosion protection; duty shift; similarity criterions; optimization; parameters of management; condition; decision-making; strategic planning; operational management; efficiency index.

### REFERENCES

1. A. A. Abrosimov, N. G. Topolskiy, A. V. Fedorov. *Avtomatizirovannyye systemy pozharovzryvobezopasnosti neftepererabatyvayushchikh proizvodstv* [Computer-aided fire and explosion safety systems of petroleum refineries]. Moscow, State Fire Academy of the Ministry of Internal Affairs of Russia Publ., 1999. 239 p. (in Russian).
2. S. M. Dawoud. Fire protection in the petroleum industry. *SPE Annual Technical Conference and Exhibition (11–14 November, 2007, Anaheim, California, USA)*. DOI: 10.2118/110521-ms.
3. S. Antonsen, K. Skarholt, A. J. Ringstad. The role of standardization in safety management — A case study of a major oil & gas company. *Safety Science*, 2012, vol. 50, no. 10, pp. 2001–2009. DOI: 10.1016/j.ssci.2011.11.001.

4. I. V. Samarin. Strategic planning defense: actuality and academic support. *Strategicheskaya stabilnost / Strategic Stability*, 2013, no. 2(63), pp. 67–73 (in Russian).
5. I. V. Samarin. ACS strategic planning at the enterprise: refinement of methodological and instrumental basics of planning schemes. *Sovremennaya nauka: aktualnyye problemy teorii i praktiki. Seriya: Yestestvennyye i tekhnicheskiye nauki / Modern Science: Actual Problems of Theory and Practice. Series: Natural and Technical Science*, 2017, no. 2, pp. 31–44 (in Russian).
6. I. V. Samarin, A. N. Fomin. Strategic planning at the enterprise: Application of a method of the analysis of hierarchies for the strategic activity monitoring. *Statistika i ekonomika / Statistics and Economics*, 2014, no. 5, pp. 84–89 (in Russian). DOI: 10.21686/2500-3925-2014-5-84-89.
7. I. V. Samarin. About expediency of hierarchy in the system of strategic planning and management of a large enterprise. *Innovatsii i investitsii / Innovation and Investment*, 2014, no. 8, pp. 109–114 (in Russian).
8. M. H. Mescon, M. Albert, F. Khedouri. *Management*. New York, Harper & Row, 1988. 777 p. (Russ. ed.: M. H. Mescon, M. Albert, F. Khedouri. *Osnovy menedzhmenta*. Moscow, Williams Publ., 2006. 672 p.).
9. J. S. Hammond, R. L. Keeney, H. Raiffa. *Smart choices: A practical guide to making better decisions*. Boston, Harvard Business School Press, 1999. 272 p.
10. M. G. Sukharev, S. S. Arsenev-Obraztsov, T. M. Zhukova. *Osnovy matematicheskogo i kompyuternogo modelirovaniya v zadachakh neftegazovogo kompleksa* [Fundamentals of mathematical and computer modeling in the problems of oil and gas complex]. Moscow, MAKSPress Publ., 2010. 120 p. (in Russian).
11. D. P. Nolan. *Handbook of fire and explosion protection engineering principles for oil, gas, chemical and related facilities*. 3rd ed. Norwich, NY, William Andrew, 2010. 496 p.
12. R. Bogue. Sensors for fire detection. *Sensor Review*, 2013, vol. 33, no. 2, pp. 99–103. DOI: 10.1108/02602281311299635.
13. IRP 15: Snubbing Operations. An Industry Recommended Practice (IRP) for the Canadian oil and gas industry. May 2015, vol. 15. 167 p. Available at: <http://www.enform.ca/resources/download-resource.cfm?resourceId=25&type=pdf> (Accessed 11 October 2018).
14. *Construction Health and Safety Manual: Oil Refineries and Petrochemical Plants*. Available at: [https://www.ihsa.ca/rtf/health\\_safety\\_manual/pdfs/locations/Oil\\_Refineries.pdf](https://www.ihsa.ca/rtf/health_safety_manual/pdfs/locations/Oil_Refineries.pdf) (Accessed 11 October 2018).
15. W. Lee, M. Cheon, C.-H. Hyun, M. Park. Development of building fire safety system with automatic security firm monitoring capability. *Fire Safety Journal*, 2013, vol. 58, pp. 65–73. DOI: 10.1016/j.fire-saf.2013.01.003.
16. L. S. Zvyagin. Mathematical methods of system analysis. *Molodoy uchenyy / Young Scientist*, 2014, no. 18, pp. 1–5 (in Russian).
17. R. L. Klatzky. Human memory: Structures and processes. San Francisco, W. H. Freeman, 1975. 276 p. (Russ. ed.: R. L. Klatzky. *Pamyat cheloveka. Struktury i protsessy*. Moscow, Mir Publ., 1978. 320 p.).
18. I. V. Samarin. Method of an assessment of efficiency of operational management by the enterprise. *Estestvennyye i tekhnicheskiye nauki / Natural and Technical Sciences*, 2014, no. 9-10(77), pp. 228–235 (in Russian).
19. V. D. Nogin. *Vvedeniye v optimalnoye upravleniye* [Introduction to optimal control]. Saint Petersburg, UTAS Publ., 2008. 92 p. (in Russian).
20. E. B. Andreev, A. I. Klyuchnikov, A. V. Krotov, V. E. Popadko, I. Ya. Sharova. *Avtomatizatsiya tekhnologicheskikh protsessov dobychi i podgotovki nefii i gaza* [Automation of technological processes of oil and gas production and treatment]. Moscow, Nedra-Biznestsentr Publ., 2008. 399 p. (in Russian).
21. V. A. Zorich. *Matematicheskii analiz* [Mathematical analysis]. Moscow, MTsNMO Publ., 2017, part 1, 576 p. (in Russian).
22. M. G. Sukharev. *Metody prognozirovaniya* [Forecasting methods]. Moscow, MAKSPress Publ., 2010. 175 p. (in Russian).
23. J. Prakash. Digital twins define oil & gas 4.0. Available at: <https://www.arcweb.com/blog/digital-twins-define-oil-gas-40> (Accessed 21 October 2018).

**For citation:** N. G. Topolskiy, I. V. Samarin, A. Yu. Strogonov. Technique of an assessment of efficiency of management of fire safety at facilities of fuel and energy complex using by computer-aided support control system. *Pozharovzryvobezopasnost / Fire and Explosion Safety*, 2018, vol. 27, no. 12, pp. 19–26 (in Russian). DOI: 10.18322/PVB.2018.27.12.19-26.