

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ УЩЕРБА ПРЕДПРИЯТИЮ ТЭК С УЧЁТОМ ПОЛУЧЕННОЙ С ПОМОЩЬЮ СТРАТЕГИЧЕСКОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ГРУППЫ КОМПЕНСИРУЮЩИХ НЕГАТИВНЫЕ ПОСЛЕДСТВИЯ МЕРОПРИЯТИЙ ПРИ ФУНКЦИОНИРОВАНИИ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ПОЖАРОВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТИ

TECHNIQUE OF ASSESSMENT
OF DAMAGE TO THE FUEL AND ENERGY
COMPLEX ENTERPRISE GIVEN
THE RECEIVED GROUP OF MEASURES
COMPENSATING THE NEGATIVE
CONSEQUENCES WITH USE STRATEGIC
PLANNING IN THE OPERATION
OF THE AUTOMATED SYSTEM
OF FIRE AND EXPLOSION

**I. Samarin
A. Strogonov**

Summary. The process of modeling the risks of fire and explosion situations at the facilities of the fuel and energy complex (FEC) using the methodology of strategic planning is considered. Support of management on such objects is possible at use the automated system of fire and explosion (ASFEP) as a part of the automated process control system. Subsystem ASFEP require improvements. The purpose of the modeling process is the reduction of possible damage. Author introduces the definition of "risk of a dangerous situation" through the concept of probability. There are proposed the graph structure for the facility of the FEC. It bases on the state of the objects of protection and transitions given of dangerous situations. Two types of square matrices (with probabilities and maximum damage) represent the transition graph. When multiplying them, a matrix of risks of dangerous situations is obtained. This matrix can be used to estimate the integral damage. It is necessary to take into account corrective actions at strategic planning to prevent dangerous situations. Decision matrices allow determining the importance of a certain event to ensure fire safety (FS). There are presented two versions of calculation of probability of occurrence of a dangerous situation. As a result, the damage compensation coefficient is proposed. Its values form the compensation vector of FS measures at the facility of FEC.

Keywords: automated process control system; dangerous situation; fire safety; fire safety measures; risk of a dangerous situation; strategic planning; fuel and energy complex; decision matrix; damage; management support.

Самарин Илья Вадимович

*К.т.н., доцент, РГУ нефти и газа (НИУ) имени
И. М. Губкина
ivs@gubkin.ru*

Строгонов Андрей Юрьевич

Аспирант, РГУ нефти и газа (НИУ) имени И. М. Губкина

Аннотация. Рассмотрен процесс моделирования рисков пожаровзрывоопасных ситуаций на объектах топливно-энергетического комплекса (ТЭК) с помощью методологии стратегического планирования. Решение задач, связанных с поддержкой управления на таких объектах, возможно при использовании в составе автоматизированной системы управления технологическими процессами (АСУТП) автоматизированной системы пожаровзрывобезопасности (АСПВБ). Подсистемы АСПВБ требуют доработки в связи с интенсификацией производства и существенным увеличением объёмов хранимой на объектах продукции. Целью моделируемого процесса является снижение возможного ущерба. Через понятие вероятности введено определение "риска опасной ситуации". Предложена графовая структура объекта ТЭК, подвергшемуся воздействию опасных ситуаций, основу которого составляют состояния объектов защиты и переходы с учётом опасных ситуаций. Граф переходов представлен двумя видами квадратных матриц (с вероятностями и максимальным ущербом). При их перемножении получена матрица рисков опасных ситуаций, с помощью которой возможно оценить интегральный ущерб объекту ТЭК. Для предотвращения опасных ситуаций необходимо учитывать корректирующие действия при выполнении алгоритмов стратегического планирования. С помощью решающих матриц на различных уровнях можно определить важность проведения определённого мероприятия для обеспечения пожарной безопасности (ПБ) на объекте ТЭК. Вектор мероприятий ПБ для каждой опасной ситуации повышает защищённость объекта ТЭК, снижая уязвимость. Представлены расчёты вероятности возникновения опасной ситуации. В одном из них введён поправочный коэффициент для случая, если выполнение всех мероприятий ПБ лишь частично снижает опасное воздействие на объект защиты. В результате расчёта значений вероятностей можно получить оценку влияния мероприятий ПБ на компенсацию ущерба. В завершении статьи предложен коэффициент компенсации ущерба. При определении его значений можно получить компенсационный вектор мероприятий ПБ в целом на объекте ТЭК.

Ключевые слова: автоматизированная система управления технологическими процессами, опасная ситуация; пожарная безопасность; мероприятия пожарной безопасности; риск опасной ситуации; стратегическое планирование; топливно-энергетический комплекс; решающая матрица; ущерб; поддержка управления.

Введение

В последнее время на рынке топлива и энергетики наблюдается увеличение предложения, что обостряет конкуренцию участников рынка между собой с одной стороны, и приводит к необходимости пересмотра традиционных подходов к производству с другой. Предприятия топливно-энергетического комплекса (ТЭК), производя товары и энергию для потребления на рынке вынуждены, внедряя новые технологии, проводить постоянную модернизацию производственных мощностей с целью обеспечения нужной цены на рынке. В условиях международных санкций возник ряд запретов, например, в нефтегазовой отрасли. В связи с этим роль малых и средних предприятий для развития внутреннего рынка возросла [1]. И если на крупных предприятиях подход к обеспечению приемлемого уровня пожарной безопасности (ПБ) строго регламентирован, в необходимой степени автоматизирован, то малые и средние предприятия сталкиваются с некоторыми трудностями. И положительные и отрицательные стороны деятельности малых предприятий [1] по-своему влияют на степень риска опасных производственных ситуаций. Интенсификация производства на объектах ТЭК при этом имеет два основных аспекта, связанных с ПБ. Во-первых, существенно возрастают объемы хранимых на объектах ТЭК сырья, полуфабрикатов и продукции, имеющих взрывоопасные свойства. Следует отметить, что по данным [2] объём мировой торговли сжиженным природным газом (СПГ) в 2017 году вырос на 35,2 млн. тонн, установив новый годовой рекорд в 293,1 млн. тонн. Количество резервуаров для хранения СПГ каждый год увеличивается. Их разгерметизация может привести к возникновению пожаров и взрывов. Также, например, в [3] при обзоре нефтегазовых объектов описаны свойства углеводородов, характер их выбросов и особенности связанных с этим пожаров и взрывов. Во-вторых, интенсификация работы в новых условиях заставляет более интенсивно работать персонал, от чего существенно возрастает риск его неспровоцированных ошибочных действий. Для предприятий ТЭК требуется организация упорядоченного процесса предварительного планирования и контроля устойчивого и безопасного функционирования [4]. В работе [5] выделены основные задачи политики предприятия в области ПБ, а также некоторые особенности в исследовании проблем обеспечения ПБ на крупных предприятиях.

В описанных выше условиях задачи обеспечения ПБ следует решать, увеличивая количество автоматизированных процессов на объекте ТЭК, разрабатывая для него новые методы и средства поддержки управления [6, 7]. Одним из таких средств является набор методов стратегического планирования.

Традиционным способом решения проблем поддержки управления на объектах ТЭК являлось применение внутри автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП) автоматизированных систем пожаровзрывобезопасности (АСПВБ). Крайне важным является проведение непрерывной диагностики оборудования АСУТП и своевременное проведение мероприятий по предотвращению пожаров и взрывов [8]. Основные принципы функционирования АСПВБ на нефтеперерабатывающих производствах были заложены в [9], а также ряде других работ. В состав АСПВБ должны входить автоматизированная система предупреждения пожаров и взрывов, автоматизированная система пожаровзрывозащиты, автоматизированная система общего назначения, а также обеспечивающие подсистемы ([9], с. 130), среди которых следует выделить системы информационного, математического, программного и организационно-правового обеспечения. Применение новых разрабатываемых средств поддержки управления ПБ на объектах ТЭК проводится именно в рамках этих подсистем АСПВБ.

Доработка перечисленных обеспечивающих подсистем АСПВБ на предмет поддержки управления в наибольшей степени относится к подсистемам математического и организационно-правового обеспечения. Следует отметить, что их доработку необходимо проводить постоянно, а в связи с наметившейся интенсификацией работы персонала — возможно и в режиме реального времени. Также необходимо принимать во внимание факт использования на предприятиях ТЭК системы контроля и обеспечения ПБ зарубежного производства [10,11]. Сроки запланированных этапов модернизации АСУТП объектов инфраструктуры из-за ограничений на рынке могут быть нарушены, что в свою очередь не может не отразиться на уровне обеспечения ПБ на производственных объектах. Так, согласно [12] 80% доля рынка противопожарного оборудования занята производителями из-за рубежа. Лидерами по объёму продукции являются: ЧП «Артон» (36%), Beijing PT Security Technology (33%), Wizmart Technology (11%) [12].

Материалы и методы

Основным инструментом контроля и оценки качества поддержки ПБ управления на объектах ТЭК могут служить величины оценочных показателей пожарных рисков. В работах [13, 14] дано их определение, которое следует понимать, как вероятностную характеристику возникновения пожара в совокупности с его последствиями. В более общей постановке следует ввести определение “риска опасной ситуации”, которым следует понимать, по аналогии с пожарным риском, произведение вероятности возникновения данной ситуации на ущерб от её последствий. Его можно представить формулой

$$R_{\text{ОПС}} = P_{\text{ОПС}} * V_{\text{ОПС}}, \quad (1)$$

где $P_{\text{ОПС}}$ – вероятность возникновения опасной ситуации;

$V_{\text{ОПС}}$ — ущерб от её последствий.

В статье [15] с помощью графа стратегического планирования рассмотрен метод оценки прогнозирования готовности пожарных сил и средств на предприятии ТЭК. Также данная разветвлённая структура в [15] применена для выявления уязвимостей обеспечения пожарной безопасности на объектах таких предприятий. Структура объекта ТЭК, подвергающемуся воздействию опасных ситуаций, в общем случае может быть различна. Однако, наиболее естественным образом она отражается именно в виде графа, в котором при рассмотрении поставленных в данной статье задач вершинами обозначаются состояния объектов защиты, а дугами переходы между ними, обусловленные возникновением опасных ситуаций. В этом случае

$$O_{\text{ТЭК}} = \{S_1, S_2, \dots, S_N\}, \quad (2)$$

где S_1, S_2, \dots, S_N — N состояний объекта ТЭК, в которые он перейдёт при возникновении опасной ситуации;

$$C_{\text{ОПС}} = \{C_1, C_2, \dots, C_M\}, \quad (3)$$

где C_1, C_2, \dots, C_M — M опасных ситуаций для объекта ТЭК, которые при их возникновении вызовут его переход в одно из состояний с последствиями.

Значением C_i может быть, как описание опасной ситуации, так и конкретная физическая величина, имеющая числовое значение и обусловленная ее возникновением (вероятность события, защищенность объекта по конкретному параметру, экспертная оценка последствий, стоимость необходимых принимаемых мер для предотвращения ущерба и т.п.).

При этом сам граф таких переходов уместно представить в виде квадратной матрицы размером N на M [16], в которой будут представлены либо вероятности возникновения опасной ситуации

$$\bar{P}_{\text{ОПС}} = \begin{pmatrix} P_{11}, & P_{12}, \dots, & P_{1N} \\ P_{21}, & P_{22}, \dots, & P_{2N} \\ \dots & \dots & \dots \\ P_{M1}, & P_{M2}, \dots, & P_{MN} \end{pmatrix}, \quad (4)$$

либо максимально возможный ущерб, причиняемый объекту ТЭК при переходе его в состояние с номером i при возникновении опасной ситуации с номером j

$$\bar{V}_{\text{ОПС}} = \begin{pmatrix} V_{11}, & V_{12}, \dots, & V_{1N} \\ V_{21}, & V_{22}, \dots, & V_{2N} \\ \dots & \dots & \dots \\ V_{M1}, & V_{M2}, \dots, & V_{MN} \end{pmatrix}. \quad (5)$$

Подобный подход к описанию рисков ПБ используется в [17].

Следует учитывать, что при этом возникновение одних опасных ситуаций приводит к переходу объекта ТЭК в определенные состояния, а при возникновении других объект переходит в другие состояния. Следовательно, для выбранного математического объекта существуют значения в конкретных ячейках матриц (4) и (5), которые равны 0.

Кроме того, для получения оценок значимости тех или иных опасных ситуаций в общей картине возможного ущерба следует нормировать значения матрицы (5) [18]. Для этого следует использовать так называемый максимальный ущерб, который могут нанести объекту ТЭК все опасные произошедшие одновременно ситуации.

$$V_{\text{ОПС}}^{\text{max}} = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M V_{ij}, \quad (6)$$

где V_{ij} — элемент матрицы (5), выраженный в единицах ущерба (например, рублях, тоннах).

Тогда

$$V_{ij}^{\text{норм}} = V_{ij} / V_{\text{ОПС}}^{\text{max}}. \quad (7)$$

Для получения матрицы рисков опасных ситуаций $\bar{R}_{\text{ОПС}}$ следует транспонировать матрицу (5) и по аналогии с (1) выполнить произведение на строку или столбец [16]

$$\bar{R}_{\text{ОПС}}^i = \bar{P}_{\text{ОПС}}^i * \bar{V}_{\text{ОПС}}^T. \quad (8)$$

Физический смысл $\bar{R}_{\text{ОПС}}^i$ в (8) — ущерб, приносимый объекту ТЭК всеми возможными опасными ситуациями при условии, что он уже находится в i -том состоянии.

В этом случае с помощью (8) можно оценить возможный интегральный ущерб объекту ТЭК, находящемуся в заданном (i -том) состоянии, по всем опасным ситуациям

$$R_{\text{ОПС}}^i = \sum_{j=1}^M \bar{R}_{\text{ОПС}}^i. \quad (9)$$

При этом предполагается, что заданное состояние объекта ТЭК возникло в результате того, что в некоторый момент времени на нем произошли события, которые перевели его в это состояние до возникновения всей совокупности опасных ситуаций.

Сегодня на предприятиях ТЭК немалое внимание руководителей и лиц, принимающих решения, уделяется контролю над выполнением требований стандар-

тизации в области управления безопасностью. Однако, учитывая при формировании данных требований накопленный опыт причин возникновения опасных ситуаций, следует понимать, что предусмотренные сценарии аварий будут включать уже известные нештатные ситуации. Также сильный акцент на стандартизацию может негативно отразиться на скорости развития производства, потенциале и эффективности управления в целом [19].

В целях предотвращения опасных ситуаций на объекте ТЭК дежурной смене, управляющей реализацией мероприятий ПБ, организационно-распорядительной документацией, составленной с учётом применяемой в Российской Федерации нормативной базы по обеспечению ПБ, рекомендуется использование различных корректирующих действий. Совокупность этих действий может быть различной в зависимости от конкретной ситуации. Однако, данные действия будут выполняться при реализации соответствующих алгоритмов поддержки управления в математическом обеспечении АСПВБ и их целью будет обеспечение ПБ на объекте ТЭК.

В данном контексте это означает применение математического аппарата стратегического планирования. Рассмотрим насколько эффективно это может быть. Согласно [20] для применения мониторинга на объекте ТЭК, основанного на методах стратегического планирования в деятельности по управлению ПБ необходим контроль проводимых мероприятий ПБ в соответствии с планами, составленными на определённый период. При этом каждое из мероприятий планов, завязано на заданную стратегическую цель. Для прогнозирования выполнения планов обеспечения ПБ на объекте ТЭК может быть применён механизм автоматизированного мониторинга [21, 22]. При управлении ПБ на объекте ТЭК целью может быть “обеспечение ПБ” или “снижение возможного ущерба”. Так как данные цели для руководителя дежурной смены объекта ТЭК коррелируют между собой, будем рассматривать последнюю в качестве основной, так как она более удобна для решения поставленных в данной статье задачи.

Для определения значимости мероприятий ПБ в [20] предложен многоуровневый подход, анализирующий значимость отдельных, составляющих всю совокупность действий по достижению поставленных целей, мероприятий, которые могут быть сгруппированы на более высоких уровнях иерархии действий в блоки и направления. Математическим объектом, определяющим значимость отдельных мероприятий по достижению заданной цели, является решающая матрица, составляемая на каждом из уровней иерархии действий [18, 23]. Такие объекты могут быть использованы в математическом обеспечении АСПВБ для обеспечения поддержки управления. Получив такую матрицу для определенного уровня ме-

роприятий или их совокупности, можно определить насколько важно их проведение для обеспечения ПБ на объекте ТЭК или в более крупном масштабе.

Предположим, что по итогам перемножения матриц значимости различных уровней с предустановленными нормированными значениями отдельных их элементов (схема действий предложена в [20]) для выполнения задач обеспечения ПБ на объекте ТЭК была получена решающая матрица T

$$T = \begin{pmatrix} T_{11}, & T_{12}, \dots, & T_{1F} \\ T_{21}, & T_{22}, \dots, & T_{2F} \\ \dots & \dots & \dots \\ T_{L1}, & T_{L2}, \dots, & T_{LF} \end{pmatrix}, \quad (10)$$

где L — число уровней мероприятий ПБ,

F — число мероприятий ПБ (или их совокупности) на уровне L .

Матрица (10) отличается от предложенных в [20] тем, что в ней мероприятия и их совокупности по уровням их детализации по отношению к достижению поставленной стратегической цели расположены в строках. В [20] они расположены в матрицах. При наличии такого математического объекта исходя из логики модели в [20] очевидно, что число мероприятий на уровнях $L_i < L$ будет меньше F . Поэтому логично считать, что отдельные элементы матрицы (10) на уровнях, меньших L , будут равны 0. Номера их позиций при этом не имеют значения. Число значащих элементов строк матрицы T в строке с номером i будем обозначать как L_i . Оно будет соответствовать числу реально предпринимаемых действий по достижению стратегических целей обеспечения ПБ или снижения ущерба на объекте ТЭК при их последовательном уточнении или детализации.

Ещё одним свойством данной матрицы является то факт, что ее построчные суммы равны 1

$$T^l = \sum_{i=1}^F T_{il} = \sum_{j=1}^{L_l} T_{jl} = 1, \quad (11)$$

где l — номер строки.

Это вытекает из условия нормировки на каждом из уровней.

Имея такой инструмент оценки “компенсации последствий”, как матрица (10), при выборе стратегической цели для объекта ТЭК по снижению ущерба следует использовать строки этой матрицы для определения возможного снижения при применении мероприятий ПБ на объекте ТЭК. Для этого необходимо связать каждое мероприятие ПБ (или их совокупность) с отдельной опасной ситуацией (см. (3)), сформировав для каждой

из них вектор из мероприятий или их совокупности из строк уровней матрицы Т

$$C^u_{\text{Комп}} = \{T^u_{lk}, T^u_{lk+1}, \dots, T^u_{lk+G}\}, \quad (12)$$

где G — число предотвращающих, полностью или частично компенсирующих угрозу возникновения или снижающих ущерб мероприятий по опасной ситуации с номером u;

где l — номер строки матрицы Т.

Проведение мероприятий (12) повышает защищенность объекта ТЭК, снижая его уязвимость по опасной ситуации с номером u. При этом

$$\sum_{i=k}^{k+G} T^u_{li} < 1, \quad (13)$$

так как для опасных ситуаций много и для компенсации воздействия всей их совокупности требуется как раз F мероприятий ПБ (L_i – на других уровнях), при этом $F > G$ ($L_i > G$).

Однако, если совокупность мероприятий (12) компенсирует негативные последствия от опасной ситуации с номером u, то следует считать их полной группой компенсирующих событий, нормировка которых по сумме их значений позволит учесть насколько хорошо с точки зрения управления объект ТЭК ей противостоит. В этом случае

$$T^u_{li} \text{ max} = \sum_{k=1}^G T^u_{lk}. \quad (14)$$

$$T^u_{lk} \text{ нрм} = T^u_{lk} / T^u_{li} \text{ max}. \quad (15)$$

$$C^u_{\text{комп нрм}} = \{T^u_{lk} \text{ нрм}, T^u_{lk+1} \text{ нрм}, \dots, T^u_{lk+G} \text{ нрм}\}, \quad (16)$$

Результаты и обсуждения

Будем при дальнейшем расчете полагать, что мероприятия в (12) независимы, что не всегда очевидно, и не требуют определенной последовательности выполнения. Тогда после проведения нормировки значений (12) следует в (8) использовать такие значения, для которых величина вероятности возникновения данной опасной ситуации рассчитывается как

$$\overline{P^u}_{\text{мер}} = \overline{P^u}_{\text{опс}} * (1 - \sum_{k=1}^G T^u_{lk} \text{ нрм}). \quad (17)$$

Из (17) следует, что при проведении полной группы компенсирующих мероприятий вероятность ущерба $\overline{P^u}_{\text{мер}}$ от опасной ситуации с номером u может сократиться до 0. В тоже время, возможен вариант такого развития событий, при котором даже выполнение всех мероприятий из (12) для компенсации опасной ситуации с номером

и приведет лишь к частичной компенсации данного воздействия на объект ТЭК. В последнем случае во второй множитель в (17) для опасной ситуации с номером u следует ввести поправочный коэффициент $\varepsilon_u < 1$ и рассчитывать вероятности ущерба в соответствии с формулой

$$\overline{P^u}_{\text{мер}} = \overline{P^u}_{\text{опс}} * (1 - \varepsilon_u * \sum_{k=1}^G T^u_{lk} \text{ нрм}). \quad (18)$$

Сформировав из значений, рассчитанных по формуле (18) вектор, аналогичный строке матрицы (4), можно получить оценку влияния мероприятий ПБ (или их совокупности) на компенсацию возможного ущерба от заданной опасной ситуации.

Тогда ущерб, приносимый объекту ТЭК всеми возможными опасными ситуациями при условии, что он уже находится в i-том состоянии

$$\overline{R^i}_{\text{опс мер}} = \overline{P^i}_{\text{мер}} * \overline{V}_{\text{опс}}^T. \quad (19)$$

И соответственно совокупный интегральный ущерб для данного состояния

$$R_{\text{опс}}^{i \text{ мер}} = \sum_{i=1}^M \overline{R^i}_{\text{опс мер}}. \quad (20)$$

Отношение

$$\vartheta_i^{\text{мер}} = R_{\text{опс}}^{i \text{ мер}} / R_{\text{опс}}^i \quad (21)$$

можно назвать коэффициентом компенсации ущерба мероприятиями ПБ (или их совокупностью), который был бы причинен объекту ТЭК всеми возможными опасными ситуациями при условии, что он находится в i-том состоянии.

Тогда, рассчитав $\vartheta_i^{\text{мер}}$ для каждого из состояний, можно получить компенсационный вектор мероприятий ПБ (или их совокупности) на объекте ТЭК в целом. Интерпретация данного объекта может быть достаточно широкой, как и возможность использовать для его расчета дополнительные параметры. Одним из примеров применения в данной модели новых параметров может быть финансирование мероприятий ПБ (или их совокупности). Другим — их обеспечение человеческими ресурсами. Третьим — фактические времена их проведения с учётом сроков службы соответствующего оборудования (как регистрирующего опасные ситуации, так и используемого дежурными сменами объектов ТЭК для проверки исправности регистрирующих устройств). Использование новых технологий также может быть источником исходных данных в рассматриваемой модели.

В [24] рассмотрены вопросы построения информационно-управляющих систем на предприятиях газовой отрасли. Предложена структура интеллектуальной системы поддержки принятия решений. В качестве до-

полнения подобной системы управления возможно применить описанные выше методы оценки рисков возникновения опасных ситуаций на объектах предприятий.

Заключение

Предложенная методика оценки ущерба может служить средством поддержки управления как на отдельных предприятиях ТЭК, так и в отраслевом масштабе в целом. Используемый в процессе моделирования математический аппарат стратегического планирования позволяет эффективно осуществить декомпозицию выбранной агрегатной цели (снижения возможного ущерба), а также провести анализ мероприятий и их групп с учётом их

значимостей в общем уровне снижения рисков возникновения опасных ситуаций, связанных с ПБ. Реализация модели в составе подсистем АСПВБ математического и организационно-правового обеспечения с помощью программно-инструментальных средств разработки программ способна стать весьма полезным инструментом для лиц, принимающих решения, на различных функциональных участках предприятий ТЭК. Регулярный контроль и своевременная оценка качества поддержки ПБ крайне важны для предупреждения пожарных рисков и, как следствие, позволяют снизить объём материальных потерь и сократить время нештатной ситуации на объекте ТЭК. Рассмотренная в работе модель может быть применена для достижения данных целей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Kapitonov I. A., Voloshin V. I., Zhukovskaya I. V., Shulus A. A. Small and medium-sized enterprises as a driver of innovative development of the Russian fuel and energy complex // *International Journal of Energy Economics and Policy*. — 2017. — Vol. 7. — no. 3. — pp. 231–239.
2. International Gas Union (IGU). 2018 World LNG Report // 27th World Gas Conference Edition. — 2018. — 106 p.
3. Nolan D. P. Handbook of fire and explosion protection engineering principles for oil, gas, chemical and related facilities. — 3rd ed. — Norwich, NY: William Andrew, 2010. — 496 p.
4. Dawoud Sam 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.
5. Гвоздев Е. В., Бутузов С. Ю., Рыженко А. А., Прус Ю. В. Моделирование системы оценки и планирования мероприятий пожарной безопасности для территориально распределённых крупных организаций. — М.: Академия гражданской защиты МЧС России. — 2017. — 162 с.
6. Handscomb C., Sharabura S., Woxholth J. The oil and gas organization of the future. URL: <https://www.mckinsey.com/industries/oil-and-gas/our-insights/the-oil-and-gas-organization-of-the-future> (дата обращения: 27.10.2018).
7. Kovin R., Kudinov A., Markov NG, Miroshnichenko E. Information technologies in industrial enterprises production assets management // *Key Engineering Materials*. — Trans Tech Publications, 2016. — Vol. 685. — pp. 823–827.
8. Топольский Н. Г., Самарин И. В., Строгонов А. Ю. Модель оценки обеспечения комплексной безопасности в АСУТП с применением диагностики пожарных извещателей для построения автоматизированной системы поддержки управления пожаровзрывобезопасностью // *Пожаровзрывобезопасность*. — 2018. — Т. 27. — № 11. — С. 15–22.
9. Абросимов А. А., Топольский Н. Г., Федоров А. В. Автоматизированные системы пожаровзрывобезопасности нефтеперерабатывающих производств. — М.: МИПБ МВД России, 1999. — 244 с.
10. 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: 23.10.2018)
11. Construction Health and Safety Manual: Oil Refineries and Petrochemical Plants. URL: https://www.ihsa.ca/rtf/health_safety_manual/pdfs/locations/Oil_Refineries.pdf (дата обращения: 23.10.2018)
12. How Russia has overhauled its fire protection sector. URL: <http://www.securika-moscow.ru/en-GB/press/news/How-Russia-overhauled-fire-protection-sector.aspx> (дата обращения: 23.10.2018).
13. Брушлинский Н. Н., Глуховенко Ю. М., Коробко В. Б., Соколов С. В., Вагнер П., Лупанов С. А., Клепко Е. А. Пожарные риски. Выпуск 1. — М.: ВНИИПО МЧС России, 2004. — 48 с.
14. Брушлинский Н. Н., Соколов С. В., Клепко Е. А., Белов В. А., Иванова О. В., Попков С. Ю. Основы теории пожарных рисков и её приложения. — М.: Академия ГПС МЧС России, 2012. — 192 с.
15. Самарин И. В., Строгонов А. Ю. Модель оценки пожарной безопасности на объектах топливно-энергетического комплекса с помощью их временных характеристик на графах стратегического планирования в составе автоматизированной системы поддержки управления // *Труды Российского государственного университета нефти и газа им. И. М. Губкина*. — 2018. — № 4 (293). — С. 143–154.
16. Гельфанд И. М. Лекции по линейной алгебре // М.: Добросвет: Издательство «КДУ». — 2006. — 320 с.
17. Прус Ю. В., Колесникова А. Р., Клепко Е. А., Шаповалов В. М., Моделирование структуры и динамики техногенных и пожарных рисков в социотехнических системах // *Технологии техносферной безопасности*. — 2014. — № 4(56). — С. 16.
18. Моисеев Н. Н. Математические задачи системного анализа: Учебное пособие/Изд. 3-е, доп. // М.: Книжный дом «Либроком». — 2013. — 532 с.
19. 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. — pp. 2001–2009. DOI: 10.1016/j.ssci.2011.11.001.

20. 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.
21. 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. — pp. 65–73. DOI: 10.1016/j.firesaf.2013.01.003.
22. Самарин И. В., Строгонов А. Ю., Шарова И. Я., Фомин А. Н. Модификация распределения Парето для решения задач автоматизации процессов стратегического планирования и мониторинга // Перспективы науки. — 2018. — № 4 (103). — С. 31–37.
23. Yang J. B., Xu D. L. On the evidential reasoning algorithm for multiple attribute decision analysis under uncertainty // IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics — Part A: Systems and Humans. — 2002. — Vol. 32. — no. 3. — pp. 289–304.
24. 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.

© Самарин Илья Вадимович (ivs@gubkin.ru), Строгонов Андрей Юрьевич.
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»