

Управление пожаровзрывобезопасностью на объектах ТЭК в особых условиях

© И. В. Самарин ✉

Российский государственный университет нефти и газа
(Национальный исследовательский университет) имени И. М. Губкина
(Россия, 119991, г. Москва, Ленинский просп., 65, корп. 1)

РЕЗЮМЕ

Введение. Ответственность за пожарную безопасность (ПБ) на объектах топливно-энергетического комплекса (ТЭК) лежит на лицах, принимающих решения (ЛПР). Отмечен факт влияния интенсификации производства и роста объема данных на интенсивность нагрузки на персонал, что увеличивает вероятность ошибок при принятии решений ЛПР. Автоматизация и применение информационных технологий позволяют оптимизировать производственные процессы должным образом, однако уровень ответственности ЛПР при этом не снижается. Целью работы является обоснование актуальности и необходимости использования методов стратегического планирования при совершенствовании планирования мероприятий по обеспечению пожаровзрывобезопасности (ПВБ) на объектах ТЭК в особых условиях.

Теоретические основы. Проанализированы такие понятия, как стратегия, агрегатная цель, горизонт планирования, целевая функция, неформализуемая информация. На основании взаимосвязи локальных и главных целей стратегии обоснована необходимость создания дерева планов в помощь ЛПР для осуществления и контроля действий над объектом управления. Описано соотношение агрегатной цели и стратегии, состоящей из последовательности действий ЛПР по достижению определенных значений агрегатного показателя качества.

Результаты исследования. Обоснована необходимость применения методов стратегического планирования в целях сохранения показателей эффективности деятельности ЛПР на объектах ТЭК по направлению обеспечения ПВБ в изменяющихся особых условиях. Представлена характеристика данных условий, а также причины их появления. При отсутствии необходимых методов планирования и управления в таких условиях допустимое время реакции на изменение среды будет превышать. Для преодоления тенденции снижения эффективности работы ЛПР на объектах ТЭК в особых условиях предложено применять программно-аппаратный комплекс информационно-аналитической системы стратегического планирования (ИАССП) мероприятий ПВБ.

Заключение. Отмечена связь числа ошибок ЛПР при принятии им решений для подсистем ПВБ с увеличением объема информации от средств накопления и передачи данных. Важно адаптировать подсистемы обеспечения ПВБ к новым особым условиям с применением ИАССП.

Ключевые слова: агрегатный показатель; автоматизированная система управления технологическими процессами; автоматизированная система управления производством; корпоративная информационная система; пожарная безопасность; дежурная смена; управление; принятие решений; стратегия; оценка.

Для цитирования: Самарин И. В. Управление пожаровзрывобезопасностью на объектах ТЭК в особых условиях // Пожаровзрывобезопасность/Fire and Explosion Safety. — 2020. — Т. 29, № 2. — С. 44–52. DOI: 10.18322/PVB.2020.29.02.44-52.

✉ Самарин Илья Вадимович, e-mail: ivs@gubkin.ru

Fire and explosion safety management at fuel and energy facilities in special conditions

© Ilya V. Samarina ✉

Gubkin Russian State University of Oil and Gas (National Research University)
(Leninskiy Avenue, 65, Bldg. 1, Moscow, 119991, Russian Federation)

ABSTRACT

Introduction. The decision-makers (DM) are bear responsibility for fire safety (FS) at the fuel and energy complex (FEC) facilities. There is the fact of the impact of production intensification and data volume growth on the intensity of the load on the human resources. Which in turn increases the probability of errors of the DM. Automation and the use of information technologies allow us to optimize production processes. However, the level of responsibility of the DM is not reduced. In addition, it is noted that the reserve of time for decision making at the FEC facilities is being reduced. The objective of scientific research is to substantiate the relevance and necessity of using stra-

tegic planning methods in improving the planning of fire and explosion safety (FES) activities at the FEC facilities in special conditions.

Theoretical bases. Such concepts as strategy, aggregate goal, planning horizon, target function, and non-formalized information are analyzed. The necessity of creating a tree of plans for the DM in order to conduct and control actions over the management object is justified. There is described the relationship between an aggregate goal and a strategy consisting of a sequence of actions by the DM to achieve certain values of aggregate quality indicator.

Research results. This part of article justifies the necessity of applying strategic planning methods in order to preserve the performance indicators for DM at FEC facilities in the direction of FES in changing special conditions. The characteristics of these conditions and the reasons for their occurrence are presented. In the absence of necessary planning and management methods in such conditions, the acceptable response time to a change in the environment will be exceeded. In order to overcome the tendency to reduce the efficiency of DM at FEC facilities in special conditions, it is proposed to use the software-hardware complex of the information and analytical system for strategic planning of FES activities.

Conclusion. Finally, it was noted the relationship between the number of errors of DM in the decision making process for subsystems of the FES and the increase in the volume of information from the means of accumulation and transmission data. It is really important to adapt the FES subsystems to the new special conditions with the use suggested information and analytical system for strategic planning.

Keywords: aggregate indicator; automated process control system; automated production management system; corporate information system; fire safety; duty shift; management; decision-making; strategy; evaluation.

For citation: I. V. Samarin. Fire and explosion safety management at fuel and energy facilities in special conditions. *Pozharovzryvobezopasnost/Fire and Explosion Safety*, 2020, vol. 29, no. 2, pp. 44–52 (in Russian). DOI: 10.18322/PVB.2020.29.02.44-52.

✉ Ilya Vadimovich Samarin, e-mail: ivs@gubkin.ru

Введение

Объекты топливно-энергетического комплекса (ТЭК) являются важной составляющей отечественной промышленности. Технологические процессы, обеспечивающие получение продукции на объектах ТЭК, связаны с горючими и взрывоопасными веществами, что заставляет применять на них мероприятия по обеспечению пожарной безопасности (ПБ) и пожаровзрывобезопасности (ПВБ) с особой скрупулезностью и вниманием. Меры по предотвращению пожаров, взрывов и чрезвычайных ситуаций являются важной частью вспомогательных, обеспечивающих основную деятельность процессов на объектах ТЭК [1, 2]. От их соблюдения зависит предупреждение нештатных ситуаций, способных стать причиной возникновения пожаров и взрывов. В условиях санкций возник ряд запретов, например, в нефтегазовой отрасли. В связи с этим роль малых и средних предприятий в развитии внутреннего рынка возросла [3]. И если на крупных предприятиях подход к обеспечению требуемого уровня ПБ строго регламентирован и в необходимой степени автоматизирован, то малые и средние предприятия сталкиваются с определенными трудностями.

Наибольшая ответственность за обеспечение ПБ в текущем процессе производства или транспортировки подобной продукции лежит на дежурной смене объектов ТЭК. Общее руководство мероприятиями ПБ возлагается, как правило, на начальника дежурной смены объекта ТЭК, который и является главным звеном в управлении процессом обеспечения ПБ — лицом, принимающим решения (ЛПР). ЛПР следит за текущим выполнением технологиче-

ских процессов и за их обеспечением, основываясь на комплексе различных планов.

В состав данного комплекса планов включаются оперативные, среднесрочные и стратегические планы предприятия, которые содержат подробные рекомендации по различным направлениям. Число таких планов на объектах ТЭК достаточно велико, а в современных условиях еще больше возрастает в связи с интенсификацией производственных и обеспечивающих процессов. Увеличивается также объем мероприятий в комплексах планов ЛПР.

Рост числа мероприятий в указанных процессах при неизменном числе сотрудников объекта ТЭК, обеспечивающих контроль за их выполнением, приводит к увеличению интенсивности нагрузки на персонал дежурной смены в целом и на ЛПР в частности. Данная проблема частично может быть решена путем автоматизации деятельности. Частично потому, что, несмотря на активное применение новых информационных технологий (ИТ), в том числе средств поддержки управления “Индустрии 4.0”, принятие решений при управлении объектом ТЭК остается за ЛПР. Следует отметить активный рост внедрения в настоящее время систем виртуальных производств, инструментов “Индустрии 4.0” на объектах ТЭК [4–6]. Однако увеличение числа объектов контроля, автоматизация которых выполнена с помощью ИТ, не снимает с ЛПР ответственности за принимаемые решения. Наоборот, повышение интенсивности производства и применение новых ИТ с различными новыми инструментами получения информации только увеличивает нагрузку на персонал дежурной смены и ее руководителя, так как

растет число вынужденно принимаемых ими решений в единицу времени. В то же время число людей в составе дежурной смены остается неизменным. При этом следует отметить, что в современных условиях резерв времени на принятие ЛПР решений сокращается.

В связи с этим применение нового программно-обеспечения (ПО) для автоматизации поддержки принятия решений ЛПР требует дополнительных средств поддержки управления, которые бы не только информировали ЛПР о необходимости принятия решений в соответствии с используемыми планами, но и давали ему возможность принимать обоснованные решения в более краткие сроки.

Таким образом, ЛПР очень важно понимать, что принимаемые им решения должны укладываться в общую стратегию по выполнению определенной деятельности, в частности по обеспечению ПБВ на объекте ТЭК. Для этого ему необходимо среди всех прочих данных выделить цель и стратегию, от которых напрямую будут зависеть его действия при принятии решений.

Целью настоящей работы является обоснование преимуществ аппарата стратегического планирования при работе с возрастающим объемом мероприятий по обеспечению ПБ, связанных с комплексом оперативных, среднесрочных и стратегических планов предприятий. Ставится задача обоснования важности и необходимости использования методов стратегического планирования при совершенствовании механизма планирования мероприятий по обеспечению ПБВ на объектах ТЭК. Для решения обозначенных задач первоначально описывается теоретическая база: понятия агрегатной цели, стратегии, целевой функции, неформализуемой информации и др. Применение предлагаемых методов планирования во многом зависит от совершенствования процесса поддержки управления мероприятиями по обеспечению ПБВ на объектах ТЭК в особых условиях. Для этого предлагается рассмотреть возможность разработки специального ПО, включающего алгоритмы расчета параметров моделей прогнозирования и предотвращения сложных опасных ситуаций на объектах ТЭК.

Теоретические основы

В ряде источников под целью принято понимать “заранее мыслимый результат сознательной деятельности” [7], желаемое состояние соответствующего объекта планирования в определенный момент будущего. Для понятия “стратегия” можно найти следующие определения. В [8] стратегия трактуется как рациональный набор правил и приемов, которые позволяют реализовать миссию, достигнуть глобальных и локальных целей. Согласно ГОСТ Р

ИСО 9000:2015 цель — это “результат, который должен быть достигнут” (п. 3.7.1), стратегия — “план достижения долгосрочной или общей цели” (п. 3.5.12). Руководствуясь данными определениями, можно сказать, что цель — некоторая задача на перспективу для ЛПР (в нашем случае), а стратегия — это поэтапный план ее решения.

Реализуя различные стратегии, ЛПР выбирает последовательность шагов по достижению одной или нескольких определенных целей, инструмент оценки своих действий и соответствующие показатели качества. Следует отметить, что определения не раскрывают того, как субъект управления предпринимает действия для объекта управления. Однако их поэтапный характер означает, что для их выполнения и контроля реализации ЛПР необходимо создание дерева планов. Это следует из того, что для достижения цели при применении ЛПР стратегии шаги выполняются в определенной последовательности и на каждом из них может выбираться локальная цель, координируемая с главной целью стратегии посредством сравнения значений локального и интегрального показателей качества с некоторыми допустимыми значениями.

Согласно определению стратегии цели управления в ней бывают нескольких (как минимум двух) видов. Среди всех возможных при реализации стратегии целей ЛПР выбирает главную (глобальную) цель. Ее также называют основной, или агрегатной, так как она аккумулирует в себе все остальные стремления к ее достижению. Основная (или агрегатная) цель — это та цель, которая должна быть достигнута (в плановом периоде, если она привязана ко времени). Она является комплексной и включает в себя как внутренние, так и внешние ориентиры деятельности (в нашем случае для проведения и контроля ЛПР мероприятий ПБ на объекте ТЭК), выражая суть того будущего, которого необходимо добиться субъекту управления. Она является базисом и точкой опоры для всех плановых решений, для дальнейшего определения целей и задач. Агрегатная цель, как правило, связана, во-первых, с определенным горизонтом планирования [9], а во-вторых, с планированием мероприятий по ее достижению.

Важно понимать, что главная цель в стратегии ЛПР может и не зависеть от времени. При этом общая цель действий ЛПР будет величиной постоянной. В математическом смысле это может означать, что для оценки своих действий по достижению главной цели вне стратегий ЛПР использует единственную, не зависящую от времени целевую функцию. Целевая функция (или в некоторых случаях показатель качества) — это функция, как правило, нескольких независимых переменных, которая в условиях конкретной математической задачи должна быть мини-

мизирована или максимизирована при использовании заданной совокупности дополнительных ограничений, налагаемых на используемые в ней (независимые) переменные. Такая функция позволяет оценить степень приближения к выбранному уровню значений для достижения агрегатной цели управления ЛПР процессом обеспечения ПБ на объекте ТЭК. При этом допустимое отклонение значений целевой функции от необходимого значения служит допуском, на основании которого ЛПР определяет, достигнута цель управления или нет. Агрегатная цель, выраженная через агрегатный показатель качества, является высшим (и часто окончательным) уровнем оценки действий ЛПР. Совокупность его действий по достижению определенных значений агрегатного показателя качества, как правило, составляет стратегию.

Широкое применение средств автоматизации технологических процессов на объектах ТЭК привело к появлению новых точек контроля их качества. В результате, как уже говорилось ранее, на ЛПР и его дежурную смену легла значительная дополнительная нагрузка, связанная с анализом большого числа данных, обновляемых в реальном времени. Это привело к снижению эффективности управления, в том числе мероприятиями ПБ. Такое положение может быть исправлено путем создания новых программных средств на основе искусственного интеллекта, которые в автоматизированном или автоматическом режиме будут выполнять ряд функций анализа и выдавать ЛПР альтернативные варианты действий для управления, исходя из текущих, рассчитанных в реальном времени значений агрегатных показателей качества.

Учитывая, что при переходе от агрегатной цели к уровню стратегии ЛПР вынужден использовать более сложный математический аппарат, в котором может быть несколько целевых функций, как зависящих, так и не зависящих друг от друга, для реализации главной цели в стратегии управления ситуацией на объекте ТЭК ЛПР необходимо гораздо больше допусков для оценки различных показателей качества. В настоящее время принятой практикой для ЛПР является использование его опыта работы для определения допустимых значений этих показателей, что позволит ему держать ситуацию под контролем.

Выполняя такую оценку, ЛПР фактически занимается стратегическим планированием, которое следует определить так. Это процедура выбора в условиях неопределенности решения о наборе действий (расходования ресурсов, обеспечения безопасности, проведения мероприятий по оценке), рациональных с точки зрения максимального продвижения к стратегической цели. Такая цель может определять-

ся как основной целью ЛПР (миссией предприятия), так и задачами вспомогательных и обеспечивающих эту деятельность процессов. Одним из таких процессов, например, может быть обеспечение качества противопожарных мероприятий. Стратегическое планирование может также представлять собой одну из функций управления, с помощью которой реализуется процесс обоснования приоритетных целей и рациональных путей их достижения в условиях большого объема неформализуемой информации и значительных неопределенностей внешней среды [10].

Неформализуемая информация, как и любая информация другого типа, для использования в формальных математических построениях должна быть определена. Для этого воспользуемся следующими понятиями. Формальное описание — это описание в специфических терминах и символьных обозначениях той или иной теории [11]. Формализованное описание — содержательное описание с элементами формального описания [11]. Из приведенных определений следует, что неформализуемая информация — это информация, которая не описана с помощью формул, символов или содержательных элементов. При этом данная информация все же должна определенным образом отражаться в формальных математических построениях. Реализовать это можно несколькими способами.

Первый и наиболее очевидный из них — это аппарат теории вероятности, использующий категорию случайных событий. При использовании данного метода значения переменных, представляющих собой неформализуемую информацию, используемую в стратегическом планировании, будут заменены либо математическими аналогами (математическим ожиданием случайной величины, дисперсией, значением функции распределения вероятностей, умноженной на среднее за период значение, и т. п.), либо статистическими оценками.

Другой способ формирования значений неформализуемых величин — метод экспертных оценок. В связи с этим уместно опять обратиться к определениям. Эксперт — это специалист в определенной области, способный на основе своих знаний и опыта дать пользователю квалифицированную консультацию (совет, подсказку), помочь принять правильное решение. В экспертных системах знания экспертов являются источником формирования баз знаний. Пользователем в данном случае может являться ЛПР.

Аналогичное определение связано с методами работы экспертов. Экспертные методы — методы системного анализа, в которых для проведения тех или иных неформализуемых операций используются знания, опыт, интуиция, изобретательность, ин-

теллект экспертов, специалистов в соответствующей области [12]. Используя экспертные оценки, можно выполнять необходимые расчеты на основании предположений о значениях неформализуемых переменных целевых функций. Такие оценки будут в дальнейшем применяться вместо значений переменных или иных объектов, которые предстоит использовать в формальных описаниях процессов.

Результаты исследования

Переходя от теоретического обоснования рассматриваемых процессов планирования и управления мероприятиями ПБ к обоснованию необходимости применения методов стратегического планирования в процессе работы с мероприятиями по обеспечению ПБ, вспомним, что на объекты ТЭК в связи с усилением конкуренции оказывают влияние следующие важные факторы:

- необходимость постоянного повышения производительности труда и интенсификации производства;
- необходимость внедрения большого числа новых контролирующих систем и новых компонентов производства, автоматизации управления ими с помощью зарубежного ПО;
- усложнение технологии производственных процессов;
- усложнение систем управления обеспечивающими основные производственные процессы мероприятиями.

Перечисленные факторы говорят о том, что при интенсификации производственных процессов увеличивается количество пожароопасных зон, а значит растет опасность работы на всех участках объектов ТЭК. В связи с тем что при увеличении числа объектов, подлежащих контролю со стороны дежурной смены объекта ТЭК, ее состав остается неизменным, а численность персонала, обслуживающего объект ТЭК, растет медленнее, чем производство, необходимо применять новые, математически обоснованные методы поддержки управления, которые позволят адаптировать процессы к новым условиям обстановки [13, 14]. Следовательно, для сохранения текущих показателей эффективности деятельности ЛПР на объекте ТЭК по линии ПБ и ПВБ необходимо использовать дополнительные средства. Одним из вариантов их создания служат методы стратегического планирования.

Следует также отметить, что условия применения новых средств поддержки управления в настоящее время следует рассматривать несколько шире. Это связано прежде всего с затруднениями по сравнению с обычными условиями работы объектов ТЭК. Во многом данные условия, которые следует считать особыми, были сформированы введением

санкций. Основной причиной их появления следует считать сильную зависимость объектов ТЭК в Российской Федерации от новых иностранных технологий. Стоит обратить внимание на тот факт, что сегодня на предприятиях ТЭК в состав систем контроля и обеспечения пожарной безопасности входят элементы оборудования зарубежного производства [15, 16]. Так, например, соотношение российской и импортной продукции на внутреннем рынке автоматических пожарных сигнализаций (АПС) по итогам 2018 г. составило соответственно 75 и 25 % [17]. В целом отечественные аналоги зарубежных технологий либо находятся в разработке, либо вообще отсутствуют. В связи с этим на большом числе объектов ТЭК в РФ либо вовсе свернуты инвестиционные программы, либо ограничено применение уже введенных в эксплуатацию мощностей. Последнее обстоятельство связано, например, с необходимостью проведения ежеквартального аудита ПВБ по международным стандартам для публичных компаний, а также с вынужденным применением в системах обеспечения ПВБ технических решений зарубежного производства, совместимых с иностранным ПО “Индустрии 4.0”.

Новые вызовы, связанные с ограничениями особых условий, приводят к тому, что выполнение мероприятий по обеспечению ПВБ по ряду направлений на объектах ТЭК становится невозможным. Ввиду необходимости продолжительного поиска альтернатив или разработки аналогов по ряду позиций применяемой пожарной (противопожарной) техники время выполнения мероприятий по обеспечению ПВБ значительно превышает имеющийся у ЛПР резерв времени по управлению ситуацией.

Введенные санкции ограничили доступ к передовым технологиям, снизили доступность необходимых при их работе ресурсов и усилили негативные тенденции. Несмотря на довольно большие объемы финансирования создания российских аналогов иностранной продукции (согласно [18] в 2018 г. порядка 637,5 млрд руб.), программами по импортозамещению, принятыми и рассматриваемыми в соответствующих министерствах, производство многих элементов систем управления, которые были поставлены зарубежными производителями на объекты ТЭК вместе с новыми технологиями, не предусмотрено. Так, например, “доля импортных технологий и оборудования остается очень высокой в наиболее высокотехнологичных сегментах нефтегазовой отрасли: в технологиях производства сжиженного газа, программных средств для геологоразведки, бурения, добычи и переработки” [19].

В связи с этим недостаток соответствующих элементов технологий до их воспроизведения в РФ будет покрываться более напряженным проведе-

нием организационно-профилактических мероприятий при оперативном управлении конкретными объектами. Это уже само по себе означает, что в условиях интенсификации производства и процессов обеспечения безопасности (в первую очередь ПВБ) эффективность управления объектами ТЭК будет снижаться, так как будет превышено допустимое время реакции на изменения среды. Количественно время реакции для различных подсистем обеспечения ПВБ можно оценить путем сравнения скорости реакции автоматики со скоростью реакции человека. Однако это достаточно грубое (хотя и уместное) сравнение.

Вопросы повышения эффективности систем обеспечения ПВБ в особых условиях при планировании противопожарных мероприятий требуют серьезного анализа с учетом особых условий работы объектов ТЭК. Одним из решений указанной проблемы может служить анализ повышения качества комплексной защиты пожароопасных зон объектов ТЭК за счет совершенствования процессов предупреждения отказов (несвоевременности срабатывания) на оборудовании автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП). Достижение такой цели возможно при совершенствовании планирования мероприятий с применением методов стратегического планирования. Для проработки основ применения аппарата стратегического планирования необходимо решить задачи, обеспечивающие совершенствование процесса поддержки управления мероприятиями ПВБ на объектах ТЭК в особых условиях.

Среди этих задач можно выделить задачи, связанные с разработкой ПО для указанной цели. Средства поддержки управления для ЛПР объекта ТЭК должны проводить опережающую аналитику. Алгоритмы расчета параметров моделей прогнозирования и предотвращения сложных ситуаций на объектах ТЭК с помощью математического аппарата стратегического планирования [20] следует включить в новый программно-аппаратный комплекс информационно-аналитической системы стратегического планирования (ИАССП) мероприятий по обеспечению ПВБ. В работе [21] приведено обоснование использова-

ния подобных ИАССП для своевременного и качественного проведения диагностики приборов информирования первого уровня АСУТП.

Разработка аппарата поддержки управления для преодоления тенденции снижения эффективности работы ЛПР на объектах ТЭК в особых условиях должна быть направлена на получение агрегатного показателя качества в многоуровневой последовательности решений и действий, динамически изменяемой для достижения нужного результата. Применяемую для этих целей ИАССП следует разрабатывать с учетом предложений, рассмотренных в [22, 23]. Исходя из опыта применения подобных средств в корпоративных информационных системах, широко используемых в качестве автоматизированных систем управления предприятиями, а также учитывая большой объем работ по созданию необходимого ПО, разработку ИАССП следует вести на основе стандартизованных процедур, ряд которых описан в [24, 25].

Заключение

Новые вызовы для топливно-энергетической промышленности связаны с необходимостью наращивания производственного потенциала, повышения уровня автоматизации технологических процессов, сохранения квалифицированных рабочих кадров в крайне нестабильных экономических условиях. Сегодня в результате интенсификации производства объем информации от средств накопления и передачи данных кратно растет и, как следствие, увеличивается число вероятных опасных ситуаций на производственных объектах ТЭК. В то же время количество сотрудников дежурных смен при этом остается на прежнем уровне. В результате этих процессов число ошибок при принятии решений ЛПР для различных подсистем ПВБ может увеличиваться.

Важно адаптировать подсистемы обеспечения ПВБ к новым особым условиям. Применение ИАССП для данных целей позволит значительно улучшить качество решений, принимаемых ЛПР на объектах ТЭК.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Dawoud S. M. Fire protection in the petroleum industry // SPE Annual Technical Conference and Exhibition (November 11–14, 2007, Anaheim, California, USA). DOI: 10.2118/110521-ms.
2. Тагиев Р. М. Современные технологии противопожарной защиты на страже объектов ОАО «Газпром» // Газовая промышленность. — 2014. — № S(712). — С. 70–73.
3. 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. — P. 231–239.
4. Prakash J. Digital twins define oil & gas 4.0. URL: <https://www.arcweb.com/blog/digital-twins-define-oil-gas-40> (дата обращения: 21.02.2020).
5. Vaidya S., Ambad P., Bhosle S. Industry 4.0 — A glimpse // Procedia Manufacturing. — 2018. — Vol. 20. — P. 233–238. DOI: 10.1016/j.promfg.2018.02.034.

6. Zezulka F., Marcon P., Vesely I., Sajdl O. Industry 4.0 — An introduction in the phenomenon // IFAC-PapersOnLine. — 2016. — Vol. 49, No. 25. — P. 8–12. DOI: 10.1016/j.ifacol.2016.12.002.
7. Головин С. Ю. Словарь практического психолога. — Минск : Харвест, 2007. — 976 с.
8. Анненков В. И., Барчан Н. Н., Мoiseев А. В., Киселев Б. И. Государственная служба: основы организации управленческой деятельности : учеб. пособие. — 2-е изд. — М. : КноРус, 2014. — 254 с.
9. Азрилиян А. Н., Азрилиян О. М., Калашикова Е. В., Квардакова О. Большой экономический словарь. — М. : Институт новой экономики, 2012. — 1472 с.
10. Grinyaev S. N., Medvedev D. A., Pravikov D. I., Samarin I. V., Sherbakov A. Yu. Problems and methods of creation of ultra-large information systems (as exemplified by the data of the Federal Service for State Registration, Cadastre and Cartography) // Asia Life Sciences — The Asian International Journal of Life Sciences. — 2019. — Supp. 21, No. 1. — P. 249–260.
11. Докторович А. Б. Формализованное описание и классификация социальных действий, взаимодействий и отношений // Пространство и Время. — 2011. — № 2(4). — С. 48–57.
12. Моисеев Н. Н. Математические задачи системного анализа. — 3-е изд., доп. — М. : Либроком, 2013. — 532 с.
13. Handscomb C., Sharabura S., Woxholth J. The oil and gas organization of the future. — September 2016. URL: <https://www.mckinsey.com/industries/oil-and-gas/our-insights/the-oil-and-gas-organization-of-the-future> (дата обращения: 25.02.2020).
14. Kovin R., Kudinov A., Markov N. G., Miroshnichenko E. Information technologies in industrial enterprises production assets management // Key Engineering Materials. — 2016. — Vol. 685. — P. 823–827. DOI: 10.4028/www.scientific.net/kem.685.823.
15. 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: 21.02.2020).
16. Construction health and safety manual: oil refineries and petrochemical plants. URL: https://www.ihsa.ca/rtrf/health_safety_manual/pdfs/locations/Oil_Refineries.pdf (дата обращения: 20.02.2020).
17. Структура рынка автоматических пожарных сигнализаций в РФ. URL: [https://prcs.ru/analytics-article/gynok-aps-\(avtomaticheskikh-pozharnyh-signalizacij\)/](https://prcs.ru/analytics-article/gynok-aps-(avtomaticheskikh-pozharnyh-signalizacij)/) (дата обращения: 21.02.2020).
18. Путину доложили цифры по импортозамещению, которые не смог сходу вспомнить Орешкин. URL: <https://www.kommersant.ru/doc/3946545> (дата обращения: 17.04.2020).
19. Охлопков А. Нефтегазовые компании распробовали импортозамещение // Guide “Тюменский нефтегазовый форум”. — 2018. — № 169. — С. 14–15. URL: <https://www.kommersant.ru/doc/3743355> (дата обращения: 07.02.2020).
20. 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.
21. Samarin I. V., Strogonov A. Yu., Butuzov S. Yu. Evaluation model of integrated safety of fuel and energy complex facilities // International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT). — 2019. — Vol. 8, No. 5. — P. 2162–2167.
22. Крючков А. В. Моделирование возможных действий пользователя автоматизированной системы управления предприятием // Технологии техносферной безопасности. — 2015. — № 1(59). — С. 145–149.
23. Крючков А. В. Обобщение опыта синтеза специального программного обеспечения на различных инструментальных средствах // Технологии техносферной безопасности. — 2015. — № 3(61). — С. 252–263.
24. Крючков А. В. Проблемы стандартизации программного обеспечения и пути их возможного решения // Вопросы радиоэлектроники. — 2006. — № 1 (Т. 2). — С. 123–126.
25. Крючков А. В. Методология универсализации синтеза специального программного обеспечения крупной автоматизированной системы управления предприятием // Технологии техносферной безопасности. — 2015. — № 3 (61). — С. 264–268.

REFERENCES

1. S. M. Dawoud. Fire protection in the petroleum industry. *SPE Annual Technical Conference and Exhibition (November 11–14, 2007, Anaheim, California, USA)*. DOI: 10.2118/110521-ms.

2. R. M. Tagiev. Modern technologies of fire protection on guard of objects of ACS “Gazprom”. *Gazovaya promyshlennost' / Gas Industry*, 2014, no. S(712), pp. 70–73 (in Russian).
3. I. A. Kapitonov, V. I. Voloshin, I. V. Zhukovskaya, A. A. Shulus. 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.
4. Prakash J. *Digital twins define oil & gas 4.0*. Available at: <https://www.arcweb.com/blog/digital-twins-define-oil-gas-40> (Accessed February 21, 2020).
5. S. Vaidya, P. Ambad, S. Bhosle. Industry 4.0 — A glimpse. *Procedia Manufacturing*, 2018, vol. 20, pp. 233–238. DOI: 10.1016/j.promfg.2018.02.034.
6. F. Zezulka, P. Marcon, I. Vesely, O. Sajdl. Industry 4.0 — An introduction in the phenomenon. *IFAC-PapersOnLine*, 2016, vol. 49, no. 25, pp. 8–12. DOI: 10.1016/j.ifacol.2016.12.002.
7. S. Yu. Golovin. *Slovar prakticheskogo psikhologa* [Dictionary of practical psychology]. Minsk, Harvest Publ., 2007. 976 p. (in Russian).
8. V. I. Annenkov, N. N. Barchan, A. V. Moiseev, B. I. Kiselev. *Gosudarstvennaya sluzhba. Osnovy organizatsii upravlencheskoy deyatel'nosti. Uchebnoye posobiye* [Public service. Fundamentals of management activity organization. Textbook]. 2nd ed. Moscow, Company KnoRus Publ., 2014. 254 p. (in Russian).
9. A. N. Azriliyan, O. M. Azriliyan, E. V. Kalashnikova, O. Kvardakova. *Bolshoy ekonomicheskii slovar* [Big economic dictionary]. Moscow, Institut novoy ekonomiki Publ., 2012. 1472 p. (in Russian).
10. S. N. Grinyaev, D. A. Medvedev, D. I. Pravikov, I. V. Samarin, A. Yu. Sherbakov. Problems and methods of creation of ultra-large information systems (as exemplified by the data of the Federal Service for State Registration, Cadastre and Cartography). *Asia Life Sciences — The Asian International Journal of Life Sciences*, 2019, supp. 21, no. 1, pp. 249–260.
11. A. B. Doktorovich. The formalized description and classification of social actions, interactions and relations. *Prostranstvo i vremya / Space and Time*, 2011, no. 2(4), pp. 48–57 (in Russian).
12. N. N. Moiseev. *Matematicheskiye zadachi sistemnogo analiza* [Mathematical tasks of the system analysis]. 3rd ed. Moscow, Librokom Publ., 2013. 532 p. (in Russian).
13. C. Handscomb, S. Sharabura, J. Woxholth. *The oil and gas organization of the future*. September 2016. Available at: <https://www.mckinsey.com/industries/oil-and-gas/our-insights/the-oil-and-gas-organization-of-the-future> (Accessed February 25, 2020).
14. R. Kovin, A. Kudinov, N. G. Markov, E. Miroshnichenko. Information technologies in industrial enterprises production assets management. *Key Engineering Materials*, 2016, vol. 685, pp. 823–827. DOI: 10.4028/www.scientific.net/kem.685.823.
15. *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 February 21, 2020).
16. *Construction health and safety manual: oil refineries and petrochemical plants*. Available at: https://www.ihsa.ca/rtf/health_safety_manual/pdfs/locations/OilRefineries.pdf (Accessed February 20, 2020).
17. *The structure of the market of automatic fire alarms in Russia* (in Russian). Available at: [https://prcs.ru/analytics-article/rynok-aps-\(avtomaticheskikh-pozharnykh-signalizatsij\)/](https://prcs.ru/analytics-article/rynok-aps-(avtomaticheskikh-pozharnykh-signalizatsij)/) (Accessed February 21, 2020).
18. *Putin was told the figures for import substitution, which Oreshkin could not immediately recall* (in Russian). Available at: <https://www.kommersant.ru/doc/3946545> (Accessed April 17, 2020).
19. A. Okhlopkov. Oil and gas companies have tried out import substitution. *Guide “Tyumenskiy neftegazovyy forum” / Guide “Tyumen Oil and Gas Forum”*, 2018, no. 169, pp. 14–15 (in Russian). Available at: <https://www.kommersant.ru/doc/3743355> (Accessed February 7, 2020).
20. I. V. Samarin, A. Yu. Stroganov. Model of evaluation of fire safety at fuel and energy complex facilities using temporal characteristics from graphs of strategic planning using automated control system. *Trudy Rossiyskogo gosudarstvennogo universiteta nefti i gaza imeni I. M. Gubkina / Proceedings of Gubkin Russian State University of Oil and Gas*, 2018, no. 4(293), pp. 143–154 (in Russian).
21. I. V. Samarin, A. Yu. Stroganov, S. Yu. Butuzov. Evaluation model of integrated safety of fuel and energy complex facilities. *International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT)*, 2019, vol. 8, no. 5, pp. 2162–2167.
22. A. V. Kruchkov. Modeling possible actions user of enterprise automation management systems. *Tekhnologii tekhnosfernoy bezopasnosti / Technology of Technosphere Safety*, 2015, no. 1(59), pp. 145–149 (in Russian).

23. A. V. Kruchkov. Summarizing the experience of synthesis special software for different programming languages. *Tekhnologii tekhnosfernoy bezopasnosti / Technology of Technosphere Safety*, 2015, no. 3(61), pp. 252–263 (in Russian).
24. A. V. Kruchkov. Problems of standardization of software and ways of their possible solutions. *Voprosy radioelektroniki / Questions of Radio Electronics*, 2006, vol. 2, no. 1, pp. 123–126 (in Russian).
25. A. V. Kruchkov. Universal application synthesis methodology of special software for large automated enterprise control system. *Tekhnologii tekhnosfernoy bezopasnosti / Technology of Technosphere Safety*, 2015, no. 3(61), pp. 264–268 (in Russian).

*Поступила 29.02.2020, после доработки 23.03.2020;
принята к публикации 01.04.2020*

*Received February 29, 2020; Received in revised form March 23, 2020;
Accepted April 4, 2020*

Информация об авторе

САМАРИН Илья Вадимович, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры автоматизации технологических процессов, Российский государственный университет нефти и газа (Национальный исследовательский университет) имени И. М. Губкина, г. Москва, Российская Федерация; ORCID: 0000-0003-2430-5311, e-mail: ivs@gubkin.ru

Information about the author

Ilya V. SAMARIN, Cand. Sci. (Eng.), Docent, Associate Professor of Department of Automation of Technological Processes, Gubkin Russian State University of Oil and Gas (National Research University), Moscow, Russian Federation; ORCID: 0000-0003-2430-5311; e-mail: ivs@gubkin.ru