

УДК 699.81

chief.mr-nazar@yandex.ru

**МЕТОДИКА РАСЧЕТА ОЦЕНКИ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ  
МЕРОПРИЯТИЙ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ  
НА ОБЪЕКТАХ НЕФТЕДОБЫВАЮЩЕЙ ОТРАСЛИ. ЧАСТЬ 1.  
ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПОДХОДА**

**METHODOLOGY FOR CALCULATING THE ASSESSMENT  
OF ORGANIZATIONAL AND TECHNICAL FIRE SAFETY MEASURES  
AT THE FACILITIES OF THE OIL INDUSTRY. PART 1. THEORETICAL  
FOUNDATIONS OF THE APPROACH**

*Мухаметзянов Н. З.,  
Султанов Р. М., доктор технических наук,  
Хафизов И. Ф., доктор технических наук,  
Уфимский государственный нефтяной технический университет, Уфа*

*Mukhametzyanov N., Sultanov R., Hafizov I.  
Ufa State Petroleum Technological University, Ufa*

В статье ставится задача разработки методики оценки организационно-технических мероприятий по обеспечению пожарной безопасности объектов капитального строительства нефтедобывающей отрасли на основе количественного показателя. Разработка такой методики обусловлена необходимостью оценки соответствия разрабатываемых в проектной документации решений уровню обеспечения пожарной безопасности объекта. Для решения поставленной задачи показана возможность применения таких инструментов теоретического исследования, как метод дерева целей; метод структуризации целей; механизм анализа иерархий; метод решающих матриц, метод экспертных оценок. Результатом использования перечисленных инструментов теоретического исследования стала разработка методики оценки эффективности организационно-технических мероприятий. Такая методика позволяет получить количественную оценку эффективности организационно-технических мероприятий, преобразовать ее в качественную оценку и, таким образом, получить информацию об эффективности разрабатываемых в проектной документации организационно-технических мероприятий по обеспечению пожарной безопасности. Предложенный подход к оценке организационно-технических мероприятий на основе количественного параметра обладает потенциалом достижения на этапах проектной подготовки объектов к строительству объектов необходимой и достаточной степени пожарной безопасности при эксплуатации объектов нефтедобывающей отрасли. Кроме этого, практическое применение такой методики позволяет увеличить степень снижения пожарной опасности, установить общие правила обеспечения пожарной и промышленной безопасности при строительстве объектов повышенной опасности.

*Ключевые слова:* количественный показатель, дерево целей, метод структуризации целей, метод экспертных оценок, качественная характеристика оценки

The article sets the task of developing a methodology for assessing organizational and technical measures to ensure fire safety of capital construction facilities of the oil industry on the basis of a quantitative indicator. To solve this problem, the possibility of using such

tools of theoretical research as the goal tree method, the goal structuring method, the hierarchy analysis mechanism, the method of solving matrices, the method of expert assessments is shown. The development of such a methodology is due to the need to assess the compliance of the solutions developed in the project documentation with the level of fire safety of the facility. The result of using these theoretical research tools was the development of a methodology for evaluating the effectiveness of organizational and technical measures. This technique allows you to obtain a quantitative assessment of the effectiveness of organizational and technical measures, convert it into a qualitative assessment and, thus, obtain information about the effectiveness of organizational and technical measures developed in the project documentation to ensure fire safety. The proposed approach to assessing organizational and technical measures based on a quantitative parameter has the potential to achieve at the stages of project preparation of facilities for the construction of facilities the necessary and sufficient degree of fire safety during the operation of oil industry facilities. In addition, the practical application of such a technique makes it possible to increase the degree of fire hazard reduction, establish general rules for ensuring fire and industrial safety during the construction of high-risk facilities.

*Keywords:* quantitative indicator, goal tree, goal structuring method, the method of expert assessments, qualitative characteristics of the assessment

Как показывает анализ существующих методов и научных разработок в области совершенствования процедуры экспертизы проектной документации на строительство объектов нефтедобывающей отрасли, таким вопросам, как использование количественного показателя для проверки эффективности разрабатываемых организационно-технических мероприятий по обеспечению пожарной безопасности, практически не уделяется внимания [1–4]. Хотя очевидно, что проведение такой работы позволило бы снизить степень пожарной опасности, установить общие правила обеспечения пожарной и промышленной безопасности при строительстве объектов повышенной опасности, к которым относятся объекты нефтедобывающей отрасли [5–8].

Отсюда актуальной является разработка оценки проектируемых организационно-технических мероприятий из-за отсутствия методических рекомендаций, касающихся количественной оценки эффективности организационно-технических мероприятий по обеспечению пожарной безопасности.

Для анализа эффективности и качества организационно-технических меро-

приятий по обеспечению пожарной безопасности наибольшие возможности предоставляет подход к описанию поставленной цели, основанный на использовании метода структуризации целей, базирующегося на совмещении цели определения количественного показателя со структурой факторов, определяющих этот показатель.

В рамках такого подхода цель представляется в виде иерархической системы. Главная идея метода структуризации целей заключается в признании взаимосвязей и взаимозависимостей всех элементов в одной системе. В соответствии с этими теоретическими положениями оценка организационно-технических мероприятий рассматривается как обобщенный показатель, увязывающий и учитывающий взаимовлияние и воздействие всех составляющих мероприятий на конечную оценку.

Оценка организационно-технических мероприятий разрабатывается с точки зрения достаточности и качества выявленных организационных и технических мероприятий по обеспечению пожарной безопасности. При решении поставленной задачи в соответствии с методом структуризации целей, цель определения оценки совмещается со структурой факторов, определяющих эту величину. Основой методики

является выделение цели и определение уровня соответствия организационных и технических мероприятий требованиям пожарной безопасности, от которых зависит реализация поставленной цели.

Разработка методики состоит из следующих этапов:

*Этап 1.* На этом этапе производится формирование дерева целей (см. рис. 1). Для этого общая цель преобразовывается в совокупность качественных показателей, выражающих и определяющих структуру оценки организационно-технических мероприятий.



Рисунок 1. Декомпозиция задачи разработки оценки организационно-технических мероприятий по обеспечению пожарной безопасности в иерархию

На уровне 2 представлены три элемента (см. рис. 1), от которых зависит оценка организационно-технических мероприятий.

В практической деятельности при оценке организационно-технических мероприятий по обеспечению пожарной безопасности предприятий нефтедобывающей отрасли по методу экспертных оценок в качестве целей второго уровня принимаются следующие задачи:

1) прогнозирование исполнения разработанных организационно-технических мероприятий;

2) оценка величины удовлетворенности разработанных организационно-технических мероприятий требуемому уровню пожарной безопасности;

3) оценка эффективности организационно-технических мероприятий.

Уровень 3 представлен совокупностью критериев, от которых зависят элементы второго уровня и оценка организационно-технических мероприятий (см. таб. 1) [9].

Таблица 1  
Элементы оценки организационно-технических мероприятий

Фактор	Критерии уровня 3
Организационные мероприятия	3.1.1 Разработка и внедрение 3.1.2 Организация и обеспечение
Технические мероприятия	3.2.1 Активная противопожарная защита 3.2.2 Пассивная противопожарная защита 3.2.3 Системы предотвращения возникновения пожара

*Этап 2.* С использованием механизма анализа иерархий фиксируется влияние каждого элемента второго уровня на оценку, т. е. на главную цель.

Для этого предлагается следующий алгоритм:

1. Формируется определенное количество матриц для попарного сравнения конкретного элемента нижнего уровня.

При этом каждому элементу, находящемуся на верхнем уровне, соответствует одна матрица (см. рис. 1).

Степень влияния на направляемый элемент нижних элементов определяется при попарном сопоставлении, и результат представляется в виде квадратной матрицы суждений (см. табл. 2).

Таблица 2  
Квадратная матрица суждений

	$\beta_1$	...	$\beta_n$
$\beta_1$			5
...			
$\beta_n$	1/5		

Такие сопоставления производятся в терминах доминирования сопоставляемых элементов и формализуются в виде целых чисел.

При попарном сравнении элементов учитывается доминирующее положение одного элемента над другим. Для этого используется шкала, описанная в табл. 3 [10].

Таблица 3  
Шкала интенсивности оценок

Интенсивность относительной важности	Определение	Объяснения
1	Равная важность	Равный вклад двух видов деятельности в цель
3	Умеренное превосходство над другим	Опыт и суждения дают легкое превосходство одному виду деятельности над другим
5	Существенное или сильное превосходство	Опыт и суждения дают сильное превосходство одному виду деятельности над другим
7	Значительное превосходство	Одному виду деятельности дается настолько сильное превосходство, что оно становится практически значительным
9	Очень сильное превосходство	Превосходство одного вида деятельности над другим подтверждается наиболее сильно
2, 4, 6, 8	Промежуточные решения между двумя соседними суждениями	Применяются в компромиссном случае

2. Определяется совокупная сумма собственных векторов каждой из матриц

всех уровней дерева целей. Для этого используется иерархический синтез весов

критериев при оценке собственных векторов матриц

3. Взвешивается и оценивается согласованность иерархии. Данная процедура проводится до получения приемлемого варианта.

После этого получается вектор  $\beta$  с компонентами  $\beta_j$  ( $j=1,2,\dots,n_\beta$ ), характеризующий обоснованность целей второго уровня для решения главной задачи дерева целей. Ограничением является следующее условие:

$$\sum_{j=1}^{n_\beta} \beta_j = 1 \quad (1)$$

*Этап 3.* Сопоставление матриц сравнения, по которым определяется воздействие элементов на элемент, находящийся уровнем выше, дает возможность провести набор локальных приоритетов [10]. Для получения оценки вектора приоритета вычисляется множество векторов и результат нормализуется на единицу.

Чтобы вычислить вектор приоритета, используется алгоритм, представленный в табл. 4.

Таблица 4

Порядок вычисления вектора приоритетов

Матрица					Вычисление оценки компоненты собственного вектора по строкам	Оценка вектора приоритета
	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	...	A <sub>n</sub>		
A <sub>1</sub>	a <sub>11</sub>	a <sub>12</sub>	...	a <sub>1n</sub>	$\sqrt[n]{a_{11}a_{12} \dots a_{1n}} = a$	$\frac{a}{a + b + \dots + n} = x_1$
A <sub>2</sub>	a <sub>21</sub>	a <sub>22</sub>	...	a <sub>2n</sub>	$\sqrt[n]{a_{21}a_{22} \dots a_{2n}} = b$	$\frac{b}{a + b + \dots + n} = x_2$
...	...	...	...	...	...	...
A <sub>n</sub>	a <sub>n1</sub>	a <sub>n2</sub>	...	a <sub>nn</sub>	$\sqrt[n]{a_{n1}a_{n2} \dots a_{nn}} = n$	$\frac{n}{a + b + \dots + n} = x_n$

*Этап 4.* На данном этапе для обобщения приоритетов используется принцип обобщения. Местные приоритеты умножаются на приоритет критерия верхнего уровня и суммируются для каждого элемента в соответствии с критериями, которым этот элемент назначается. Это дает общий или общий приоритет каждого элемента уровня 2, который затем используется для взвешивания местных приоритетов элементов по сравнению с ним в качестве критерия и уровней, расположенных ниже.

На этом этапе исследуется вся сумма экспертных мнений по оценке организационно-технических решений для обеспечения пожарной безопасности. В качестве экспертов для определения оценки организационно-технических мероприятий целесообразно включать тех специали-

стов, которые, как непосредственно участвуют в экспертизе проектной документации, так и являются специалистами в области пожарного надзора за эксплуатацией объекта.

Оценка организационно-технических решений устанавливается по предложенной автором модификации метода решающих матриц [10]. Суть метода решающих матриц состоит в том, что с его помощью можно последовательно установить взаимозависимость между мероприятиями и количественной и качественной их оценкой.

Предложенная автором модификация метода решающих матриц состоит в следующем: формируется перечень  $\phi$  (вектор с компонентами  $\phi_i$ ,  $i=1,2,\dots,n_\phi$ ) – перечень экспертных мнений по достаточности и качеству разрабатываемых меро-

приятый, от которых зависят подцели второго уровня и которые сгруппированы по

организационным и техническим признакам. Результаты этой процедуры представляются в виде табл. 5

Таблица 5  
Матрица отображения достаточности организационно-технических мероприятий для реализации подцелей второго уровня

Мероприятия	1	2	3
1 (3.1.1)	$a_{11}^{\varphi} \cdot \mu_{11}^{\varphi}$	$a_{12}^{\varphi} \cdot \mu_{12}^{\varphi}$	$a_{13}^{\varphi} \cdot \mu_{13}^{\varphi}$
2 (3.1.2)	$a_{21}^{\varphi} \cdot \mu_{21}^{\varphi}$	$a_{22}^{\varphi} \cdot \mu_{22}^{\varphi}$	$a_{23}^{\varphi} \cdot \mu_{23}^{\varphi}$
3 (3.2.1)	$a_{31}^{\varphi} \cdot \mu_{31}^{\varphi}$	$a_{32}^{\varphi} \cdot \mu_{32}^{\varphi}$	$a_{33}^{\varphi} \cdot \mu_{33}^{\varphi}$
4 (3.2.2)	$a_{41}^{\varphi} \cdot \mu_{41}^{\varphi}$	$a_{42}^{\varphi} \cdot \mu_{42}^{\varphi}$	$a_{43}^{\varphi} \cdot \mu_{43}^{\varphi}$
5 (3.2.3)	$a_{51}^{\varphi} \cdot \mu_{51}^{\varphi}$	$a_{52}^{\varphi} \cdot \mu_{52}^{\varphi}$	$a_{53}^{\varphi} \cdot \mu_{53}^{\varphi}$

Составляющими вектора  $\varphi$  являются следующие элементы:

Элемент  $a_{ij}^{\varphi}$  – это положительное число, показывающее относительное значение каждого элемента номера  $i$  для цели номера  $j$ . Величина этого показателя нормируется:

$$\sum_{i=1}^{n_{\varphi}} a_{ij}^{\varphi} = 1 \quad (2)$$

Элемент  $\mu_{ij}^{\varphi}$  – это оценка качества элемента  $i$  для достижения подцели  $j$ ,  $0 \leq \mu_{ij}^{\varphi} \leq 1$ , для выставления оценок рекомендуется использовать шкалу качественных оценок (см. табл. 6 [11]).

Таблица 6  
Шкала качественных оценок

Значение оценки	Качественная характеристика
1.00	Лучшее
0.80...1.00	Отличное
0.63...0.80	Хорошее
0.53...0.63	Удовлетворительное
0.37...0.53	Неудовлетворительное, нуждающееся в улучшении
0.20...0.37	Критическое
0.00..0.20	Абсолютно неприемлемое

Элемент  $\sigma^{\varphi}$  – оценка достаточности всей совокупности мероприятий для достижения требуемой эффективности.

$$\varphi_i = \sigma^{\varphi} \cdot \sum_{i=1}^{n_{\varphi}} a_{ij}^{\varphi} \mu_{ij}^{\varphi} \beta_j, \quad (3)$$

где  $\sigma^{\varphi}$  – оценка достаточности всей совокупности мероприятий для достижения требуемой эффективности;

$a_{ij}^{\varphi}$  – число, показывающее относительное значение каждого элемента номера  $i$  для подцели номера  $j$ ;

$\mu_{ij}^{\varphi}$  – оценка качества функции  $i$  для достижения подцели  $j$ ;

$\beta_j$  – оценка, характеризующая обоснованность целей второго уровня для решения главной задачи дерева целей.

Приведенная зависимость дает отображение множества организационно-технических мероприятий на множество подцелей нижнего уровня для решения

главной задачи дерева целей, по оценке организационно-технических мероприятий.

*Этап 5.* Заключительный этап, на котором оценивается эффективность организационно-технических мероприятий посредством предлагаемой авторами аддитивной свертки вектора  $\varphi$ :

$$K = \sum_{i=1}^{n_{\varphi}} \varphi_i, \quad (4)$$

где  $\varphi_i$  – перечень экспертных мнений по достаточности и качеству разрабатываемых мероприятий.

Для получения окончательной качественной характеристики оценки организационно-технических мероприятий предлагается использование приведенной шкалы качественных оценок (см. табл. 6 [10]).

Измерение и оценка организационно-технических мероприятий по обеспечению пожарной безопасности позволяют активно воздействовать на процессы проектирования объектов и тенденции их развития; устанавливать направления изменений проектных решений для достижения необходимого варианта; принимать решения об изменениях и прогнозировать их воздействие на ключевые параметры; выявлять наиболее важные факторы, влияющие на правильность принятия проектных решений роста; отслеживать и корректировать проектируемые мероприятия; а также планировать дальнейшее совершенствование процесса разработки проектной документации.

#### Литература

1. Мухаметзянов Н. З., Султанов Р. М. Анализ системы экспертизы проектной документации по обеспечению пожарной безопасности объектов строительства // Нефтегазовое дело. 2022. № 5. С. 21–38.
2. Шаров И. Н. Эффективность оценки соответствия требованиям пожарной безопасности в форме федерального государственного пожарного надзора: дис. ... канд. техн. наук. М., 2013. 256 с.
3. Трунева В. А. Совершенствование методов определения расчетных величин пожарного риска для производственных зданий и сооружений нефтегазовой отрасли: дис. ... канд. техн. наук. М., 2015. 175 с.
4. Мухаметзянов З. Р., Олейник П. П. Формирование организационно-технологических решений при строительстве отраслевых комплексов // Промышленное и гражданское строительство. 2019. № 11. С. 35–41.
5. О промышленной безопасности опасных производственных объектов: федер. закон № 116-ФЗ: принят Государственной Думой 20 июня 1997 г. М., 1997.
6. О техническом регулировании: федер. закон от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ. URL: <http://base.consultant.ru>.
7. Рудченко Г. И. Совершенствование способов и методов обеспечения пожарной безопасности при проектировании и эксплуатации дошкольных образовательных учреждений: дис. ... канд. техн. наук. Волгоград, 2013. 184 с.
8. Нгуен С. Х. Обоснование противопожарных требований к конструкциям и объемно-планировочным решениям подземных автостоянок в многоэтажных зданиях Вьетнама: дис. ... канд. техн. наук. М., 2012. 170 с.
9. Мухаметзянов Н. З., Хафизов Ф. Ш. Классификация параметров организационно-технических мероприятий по обеспечению пожарной безопасности объектов нефтяной промышленности // Нефтегазовое дело. 2022. № 5. С. 39–54.
10. Моисеев Н. Н. Математические задачи системного анализа. М., 1981.
11. Саати Т., Кернс К. Аналитическое планирование. Организация систем. М., 1991.

#### References

1. Mukhametzyanov N. Z., Sultanov R. M. Analiz sistemy ekspertizy proektnoi dokumentatsii po obespecheniyu pozharnoi bezopasnosti ob"ektov stroitel'stva // Neftegazovoe delo. 2022. № 5. S. 21–38.
2. Sharov I. N. Effektivnost' otsenki sootvetstviya trebovaniyam pozharnoi bezopasnosti v forme federal'nogo gosudarstvennogo pozharnogo: dissertatsiya na soiskanie uchenoi stepeni kandidata tekhnicheskikh nauk. M., 2013. 256 s.
3. Truneva V. A. Sovershenstvovanie metodov opredeleniya raschetnykh velichin pozharnogo riska dlya proizvodstvennykh zdaniy i sooruzhenii neftegazovoi otrasli: dissertatsiya na soiskanie uchenoi stepeni kandidata tekhnicheskikh nauk. M., 2015. 175 s.
4. Mukhametzyanov Z. R., Oleinik P. P. Formirovanie organizatsionno-tekhnologicheskikh reshenii pri stroitel'stve otraslevykh kompleksov // Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo. 2019. № 11. S. 35–41.

5. Rossiiskaya Federatsiya. Zakony: Federal'nyi zakon N 116-FZ «O promyshlennoi bezopasnosti opasnykh proizvodstvennykh ob"ektov»: [prinyat Gosudarstvennoi Dumoi 20 iyunya 1997 g.]. M., 1997.
6. Federal'nyi zakon ot 27 dekabrya 2002 g. № 184-FZ «O tekhnicheskome regulirovanii». URL: <http://base.consultant.ru>.
7. Rudchenko G. I. Sovershenstvovanie sposobov i metodov obespecheniya pozharnoi bezopasnosti pri proektirovanii i ekspluatatsii doskol'nykh obrazovatel'nykh uchrezhdenii: dissertatsiya na soiskanie uchenoi stepeni kandidata tekhnicheskikh nauk. Volgograd, 2013. 184 s.
8. Nguen S. Kh. Obosnovanie protivopozharnykh trebovaniy k konstruktsiyam i ob"emno-planirovochnym resheniyam podzemnykh avtostoyanok v mnogoetazhnykh zdaniyakh V'etnama: dissertatsiya na soiskanie uchenoi stepeni kandidata tekhnicheskikh nauk. M., 2012. 170 s.
9. Mukhametzyanov N. Z., Khafizov F. Sh. Klassifikatsiya parametrov organizatsionno-tekhnicheskikh meropriyatii po obespecheniyu pozharnoi bezopasnosti ob"ektov neftyanoi promyshlennosti // Neftegazovoe delo. 2022. № 5. S. 39–54.
10. Saati T., Kerns K. Analiticheskoe planirovanie. Organizatsiya sistem. M., 1991.
11. Moiseev N. N. Matematicheskie zadachi sistemnogo analiza. M., 1981.