

УДК 622.38.504.4

UDC 622.38.504.4

**ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА АНАЛИЗА ИЕ-  
РАРХИЙ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ПРЕДУПРЕЖ-  
ДАЮЩИХ И КОРРЕКТИРУЮЩИХ ДЕЙСТ-  
ВИЙ ГАЗОТРАНСПОРТНЫХ ПРЕДПРИ-  
ЯТИЙ**

**APPLICATION OF HIERARCHY ANALYSIS  
METHOD FOR DEVELOPMENT OF PREVEN-  
TIVE AND CORRECTIVE ACTIONS OF GAS  
TRANSMISSION ENTERPRISES**

Корягин Артем Владимирович  
аспирант  
*Кубанский государственный технологический  
университет, Краснодар, Россия*

Koryagin Artyom Vladimirovich  
post-graduate student  
*Kuban State Technological University, Krasnodar,  
Russia*

Боровский Анатолий Борисович  
к. т. н., доцент  
*Академия маркетинга и социально-  
информационных технологий - ИМСИТ,  
Краснодар, Россия*

Borovsky Anatoliy Borisovich  
Cand. Tech. Sci., assistant professor  
*Academy of Marketing and Social - Information Tech-  
nologies -IMSIT, Krasnodar, Russia*

Доценко Сергей Павлович  
д. х. н., профессор  
*Кубанский государственный аграрный универси-  
тет, Краснодар, Россия*

Dotsenko Sergei Pavlovich  
Dr. Sci. Chem., professor  
*Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia*

Показан пример экспертного метода анализа кор-  
ректирующих и предупреждающих действий  
крупной газотранспортной организации с целью  
недопущения воздействий на экологическую об-  
становку

An example of expert analysis method of preventive  
and corrective actions of a major gas transmission com-  
pany, aimed at environmental improvement has been  
shown

Ключевые слова: СИСТЕМА МЕНЕДЖМЕНТА  
КАЧЕСТВА, ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ЭКОЛОГИЮ,  
РИСКИ, КОРРЕКТИРУЮЩИЕ И ПРЕДУПРЕЖ-  
ДАЮЩИЕ ДЕЙСТВИЯ

Keywords: QUALITY MANAGEMENT SYSTEM,  
ENVIRONMENTAL IMPACT, RISKS, CORREC-  
TIVE AND PREVENTIVE ACTIONS

Важным аспектом управления хозяйственной деятельностью газо-  
транспортных предприятий, подготавливающих газ для транспортировки,  
например, ООО «Краснодартрансгаз», является анализ риска аварий на га-  
зопроводах и технологическом оборудовании. Анализ риска или риск-  
анализ (risk analysis) представляет собой систематическое использование  
имеющейся информации для идентификации опасностей и оценки риска  
(индивидуального, социального, финансового, природного, техногенного и  
т.п.). Под опасностью понимается источник потенциального ущерба или  
ситуация с возможностью нанесения ущерба, а под идентификацией опас-  
ности – процесс отождествления опасности и выявление ее характеристик  
(параметров). Оценка риска – это процесс определения степени риска ана-  
лизируемой опасности, включающий анализ частоты, анализ последствий

и их сочетание. Анализ риска включает этапы планирования, идентификации опасностей, оценки риска и разработки рекомендаций по управлению риском. При этом необходимо определение приемлемого уровня риска, под которым понимается риск, уровень которого допустим и обоснован, исходя из экономических, экологических и социальных факторов. Риск эксплуатации потенциально опасного объекта, в том числе и оборудования газотранспортной организации, будет являться приемлемым в том случае, если его величина настолько незначительна, что ради выгоды, получаемой от эксплуатации объекта, общество готово пойти на этот риск.

Ранее были выявлены факторы экологических рисков и рисков безопасности для предприятий подготовки газа к транспортировке в магистральных транснациональных газопроводах высокого давления [1,2].

Для оценки экологического риска и риска технологической безопасности газотранспортных предприятий использован метод анализа иерархий (МАИ), опыт применения которого для систем транспортировки газа приведен в работе [3]. С его помощью решена проблема ранжирования текущих ситуаций по степени опасности их последствий. МАИ является систематической процедурой для иерархического представления элементов, определяющих суть любой проблемы. Иерархия - есть определенный тип системы, основанный на предположении, что элементы системы могут группироваться в несвязанные множества. Элементы каждой группы находятся под влиянием элементов другой группы и в свою очередь оказывают влияние на элементы следующей группы. Считается, что элементы в каждой группе иерархии (называемые уровнем, кластером, стратой) независимые.

МАИ удовлетворяет ряду требований к научному обоснованию методов принятия решений [4]:

1. В МАИ способы получения информации от лица, принимающего решение (ЛПР/эксперта) соответствуют данным когнитивной психологии о возможностях человека перерабатывать информацию, т.е. однородность методов оперирования информацией и принцип иерархической

декомпозиции приводят в соответствие проблему получения оценок с психометрическими возможностями человека.

2. В МАИ имеется возможность проверки информации, полученной от ЛПР/эксперта на непротиворечивость, посредством индекса и отношения согласованности, как для отдельных матриц, так и для всей иерархии.

3. Любые соотношения между вариантами решений в МАИ объяснимы на основе информации, полученной от ЛПР/экспертов. Так, анализ весов объектов по нисходящим уровням иерархии позволяет понять, как получено то или иное значение веса.

4. Математическая правомочность решающего правила в МАИ прозрачна и базируется на методе собственных значений и принципе иерархической композиции, имеющих четкое математическое обоснование

МАИ состоит в декомпозиции проблемы на более простые составляющие и дальнейшей обработке последовательности суждений обслуживающего персонала по парным сравнениям. В результате может быть выражена относительная интенсивность взаимодействия элементов в иерархии. Эти суждения затем выражаются численно. МАИ включает процедуры синтеза множественных суждений, получения приоритетности критериев и нахождения альтернативных решений.

Задача ранжирования текущих ситуаций газотранспортных организаций по степени опасности их последствий в иерархическом виде представляется трехуровневой иерархией: первый уровень – цель исследования; второй – критерии, третий – виды корректирующих и предупреждающих действий на предприятиях, осуществляющих подготовку газа к транспортировке в магистральном трубопроводе, выделенных экспертным путем и заключающихся в предотвращении ситуаций, влияющих на экологическую обстановку. При выявлении рисков производственно-технологической системы данных предприятий была сформулирована цель – оценка экологического воздействия, превышающего допустимые нормы.

В качестве критериев методом экспертной оценки выбраны две группы факторов, влияющих на возможные экологические воздействия:

- аварии на трубопроводах, оборудовании, системе управления, системе безопасности информации:

1) изношенность трубопроводов и оборудования,

2) ненадлежащее качество обслуживания оборудования,

3) сбои в системе энергообеспечения,

4) сбои в системе управления по причине несанкционированного вмешательства (вирусы, атаки хакеров),

- технологические ситуации:

5) несовершенство технологии (выбросы газа в атмосферу при смене режимов),

6) недостаточная компетенция персонала,

7) ненадлежащая трудовая дисциплина.

Группой экспертов были выделены альтернативы, которые являются корректирующими и предупреждающими действиями (КиПД).

Альтернативы:

а) аварийный ремонт;

б) планово-предупредительный ремонт (ППР) и текущее обслуживание;

в) наличие и надлежащее функционирование резервной системы энергообеспечения;

г) наличие и поддержание системы безопасности информации (с учетом преднамеренного вмешательства в систему управления газо- и нефтекомплексов, которые входят в наиболее опасные с точки зрения информационного терроризма);

д) мероприятия по совершенствованию технологии (оборудование и режимы);

е) обеспечение кадрами, соответствующими данному производству,

ж) формирование системы стимулирования и наказания;

з) формирование системы мониторинга ресурсов по стандартам ИСО 9000 (материальные и человеческие).

На первом этапе применения МАИ предусматривается структурирование проблемы в виде иерархии. Иерархия строится с вершины - это общая цель или фокус проблемы. В общем случае целей может быть несколько. За фокусом следует уровень наиболее важных критериев. Каждый из критериев может разделяться на субкритерии, за которыми следует уровень альтернатив. ЛПР при построении иерархии вынужден вникнуть в проблему. От этого этапа во многом зависят конечные результаты принятия решений. Формирование множества альтернатив и критериев осуществляется с учетом рекомендаций. Этап является неформализуемым.

Итогом первого этапа МАИ, который явился результатом экспертного обсуждения, стала следующая иерархия (Рисунок 1).

На втором этапе МАИ, используя суждения ЛПР/эксперта и определенные алгоритмы их обработки, устанавливаются веса  $\vartheta_{ij}$  дуг  $(i,j) \in \hat{W}$  и веса  $Z_j$  объектов первого уровня  $(j \in \hat{V}_1)$ . Если на первом уровне один объект, то вес его принимается за 1 ( $Z_1 = 1$ ). Суждения ЛПР/эксперта являются результатом исследования его структуры предпочтений. При этом исследовании применяется метод парных сравнений, содержание которого состоит в следующем. Пусть задано некоторое фиксированное множество объектов, которые сравниваются попарно с точки зрения их предпочтительности, желательности, важности и т. п. Результаты записываются в виде матрицы парных сравнений. Результат сравнения отражает не только факт, но и степень (силу, интенсивность и т.п) превосходства. При этом используется шкала относительной важности [4], выбор которой зависит от следующих требований:

- шкала должна давать возможность улавливать различия в ощущениях людей, когда они проводят сравнение;

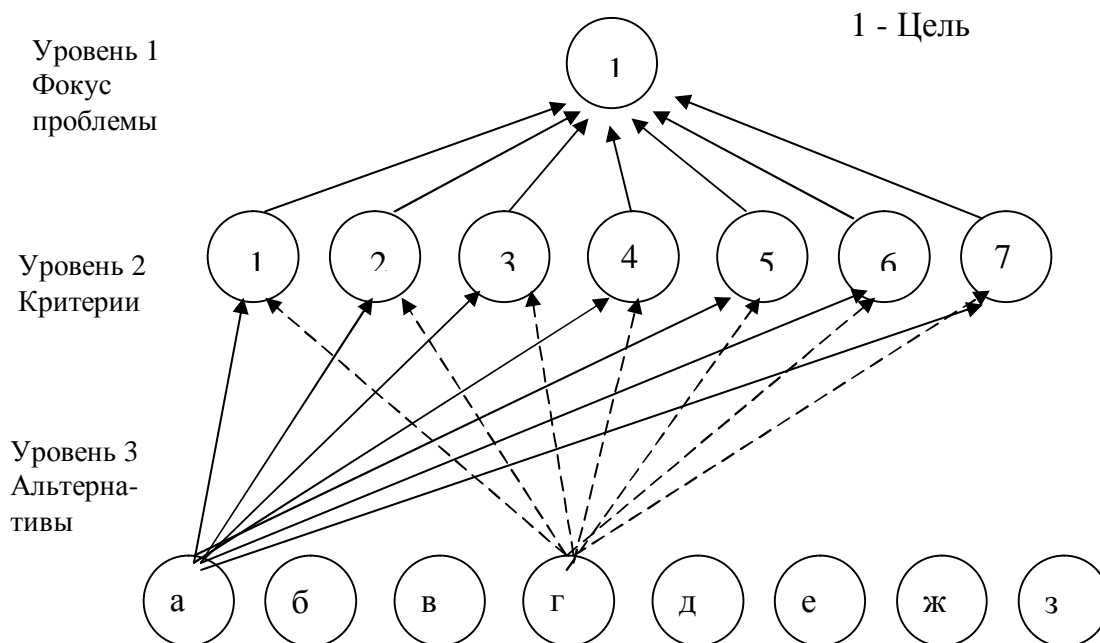


Рисунок 1. Иерархия проблемы управления экологическими рисками газотранспортного предприятия.

- диапазон измеряемой интенсивности шкалы должен соответствовать результатам когнитивной психологии.

Реализация принципа синтеза составляет содержание третьего этапа. Искомые веса объектов определяются последовательно, начиная со второго уровня иерархии в соответствии с решающим правилом

$$Z_i = \sum_{j \in L_i} \vartheta_{ij} Z_j, \quad \forall i \in V_2, \dots, i \in V_m$$

где:  $Z_i$  - веса объекта  $i \in V_{k+1}$ ,

$Z_j$  веса вершин множества  $L_i = \{j \mid (i,j) \in W\} \subset V$

$\vartheta_{ij}$  - вес дуги  $(i,j)$ .

Веса объектов, принадлежащих уровню альтернатив, можно считать как результат измерения их в шкале отношений в диапазоне  $[0,1]$ .

Для реализации методологии МАИ в настоящей работе использовалась система поддержки принятия решений «Выбор» фирмы Ciritas [4].

Результаты последовательного применения этапов МАИ для исследуемого объекта представлены в таблицах (1-8).

Таблица 1. Матрица парных сравнений

оценка экологического воздействия	изношенность трубопроводов и оборудования	ненадлежащее качество обслуживания оборудования	сбои в системе энергообеспечения	сбои в системе управления по причине несанкционированного вмешательства (вирусы, атаки хакеров)	несовершенство технологии (выбросы газа в атмосферу при смене режимов)	Недостаточная компетенция персонала	Ненадлежащая трудовая дисциплина	Собственный вектор
изношенность трубопроводов и оборудования	1	3	2	5	5	1	3	0,279
ненадлежащее качество обслуживания оборудования	1/3	1	3	3	1	1/2	1/3	0,134
сбои в системе энергообеспечения	1/2	1/3	1	2	3	2	2	0,159
сбои в системе управления по причине несанкционированного вмешательства (вирусы, атаки хакеров)	1/5	1/3	1/2	1	2	1/3	1/2	0,071
несовершенство технологии (выбросы газа в атмосферу при смене режимов)	1/5	1	1/3	1/2	1	1/2	1/2	0,059
Недостаточная компетенция персонала	1	2	1/2	3	2	1	1	0,154
пониженная трудовая дисциплина	1/3	3	1/2	2	2	1	1	0,144

Таблица 2 Парные сравнения альтернатив относительно критерия «изношенность трубопроводов и оборудования»

Изношенность оборудования	а	б	в	г	д	е	ж	з	Собственный вектор
а	1	1/5	7	7	1/2	1/5	3	1/7	0.15
б	5	1	7	7	1	1/2	1/2	1/2	0.171
в	1/7	1/7	1	2	1/3	1/5	1/2	1/5	0.035
г	1/7	1/7	1/2	1	1/7	1/7	1/5	1/7	0.018
д	2	1	3	7	1	3	3	1	0.16
е	5	2	5	7	1/3	1	2	1/2	0.173
ж	1/3	2	2	5	1/3	1/2	1	1/2	0.088
з	7	2	5	7	1	2	2	1	0.205

Таблица 4 Парные сравнения альтернатив относительно критерия «сбои в системе энергообеспечения»

сбои в системе энергообеспечения	а	б	в	г	д	е	ж	з	Собственный вектор
а	1	1	1/9	1/2	1/2	1	1	1/5	0,045
б	1	1	1/7	1	1	1/2	1/2	1/2	0,048
в	9	7	1	7	5	5	3	3	0,341
г	2	1	1/7	1	1/2	1/2	1/2	1/2	0,041

Таблица 3 Парные сравнения альтернатив относительно критерия «ненадлежащее качество обслуживания оборудования»

Ненадлежащее качество обслуживания оборудования	а	б	в	г	д	е	ж	з	Собственный вектор
а	1	1/5	1	2	1/3	1/5	1/3	1/7	0,035
б	5	1	7	7	1	1/2	1/2	1/2	0,185
в	1	1/7	1	2	1/3	1/5	1/2	1/5	0,044
г	1/2	1/7	1/2	1	1/7	1/7	1/5	1/7	0,024
д	3	1	3	7	1	1/3	1/2	1/3	0,133
е	5	2	5	7	3	1	1/2	1/2	0,197
ж	3	2	2	5	2	2	1	1/2	0,144
з	7	2	5	7	3	2	2	1	0,238

Таблица 5 Парные сравнения альтернатив относительно критерия «сбои в системе управления по причине несанкционированного вмешательства (вирусы, атаки хакеров)»

сбои в системе управления по причине несанкционированного вмешательства (вирусы, атаки хакеров)	а	б	в	г	д	е	ж	з	Собственный вектор
а	1	1	1	1/9	1/2	1	1	1/5	0,054
б	1	1	1	1/7	1	1/2	1/2	1/2	0,054
в	1	1	1	1/7	1/2	1/5	1/3	1/3	0,043
г	9	7	7	1	5	5	3	7	0,414
д	2	1	2	1/5	1	1	1	1	0,087



			7		7	7	5	7	
д	2	1	1/5	7	1	3	2	1	0,147
е	1	2	1/5	7	1/3	1	1	1	0,116
ж	1	2	1/3	5	1/2	1	1	1/2	0,097
з	5	2	1/3	7	1	1	2	1	0,165

Таблица 6. Парные сравнения альтернатив относительно критерия «несовершенство технологии (выбросы газа в атмосферу при смене режимов)»

несовершенство технологии (выбросы газа в атмосферу при смене режимов)	а	б	в	г	д	е	ж	з	Собственный вектор
а	1	1/2	3	1/2	1/7	1/5	1/3	1/5	0,049
б	2	1	1/7	5	1/2	1	1	1/2	0,093
в	1/3	7	1	2	1/5	1/5	1/3	1/3	0,095
г	2	1/5	1/2	1	1/7	1/7	1/5	1/7	0,037
д	7	2	5	7	1	3	2	1	0,235
е	5	1	5	7	1/3	1	1	1	0,180
ж	3	1	3	5	1/2	1	1	1/2	0,126
з	5	2	3	7	1	1	2	1	0,185

е	1	2	5	1/5	1	1	1	1	0,114
ж	1	2	3	1/5	1	1	1	1/2	0,091
з	5	2	3	1/7	1	1	2	1	0,143

Таблица 7. Парные сравнения альтернатив относительно критерия «Недостаточная компетенция персонала»

Недостаточная компетенция персонала	а	б	в	г	д	е	ж	з	Собственный вектор
а	1	1	3	2	1/7	1/9	1/3	1/5	0,055
б	1	1	7	5	1/2	1/5	1/3	1/2	0,109
в	1/3	1/7	1	1	1/7	1/9	1/9	1/7	0,021
г	1/2	1/5	1	1	1/7	1/7	1/5	1/7	0,023
д	7	2	7	7	1	1/3	1/2	1/2	0,178
е	9	5	9	7	3	1	1	1	0,253
ж	3	3	9	5	2	1	1	1/2	0,172
з	5	2	7	7	2	1	2	1	0,189

Таблица 8. Парные сравнения альтернатив относительно критерия «пониженная трудовая дисциплина»

Ненадлежащая трудовая дисциплина	а	б	в	г	д	е	ж	з	Собственный вектор
а	1	1/2	3	5	1/7	1/9	1/3	1/5	0,073
б	2	1	7	5	1/2	1/5	1/3	1/2	0,119
в	1/3	1/7	1	1	1/7	1/9	1/9	1/7	0,021
г	1/5	1/5	1	1	1/7	1/7	1/5	1/7	0,022
д	7	2	7	7	1	1/3	1/2	1/2	0,18
е	5	5	9	7	3	1	1	1	0,227
ж	3	3	9	5	2	1	1	1/2	0,174
з	5	2	7	7	1	1	2	1	0,184

Веса альтернатив представлены в таблице 9.

Таблица 9 – Веса альтернатив (КиПД)

Альтернатива	аврий-ный ремонт, а	ППР и текущее обслуживание, б	наличие и надлежащее функционирование резервной системы энергообеспечения, в	наличие и поддержание системы безопасности информации, г	мероприятия по совершенствованию технологии, д	обеспечение кадрами, соответствующими данному производству, е	формирование системы стимулирования и наказания, ж	формирование системы мониторинга ресурсов по стандартам ИСО 9000, з
Вес	0,079	0,123	0,085	0,053	0,159	0,183	0,125	0,192

Ранжирование альтернатив по относительной важности представлено в виде диаграммы Парето на рисунке 2.

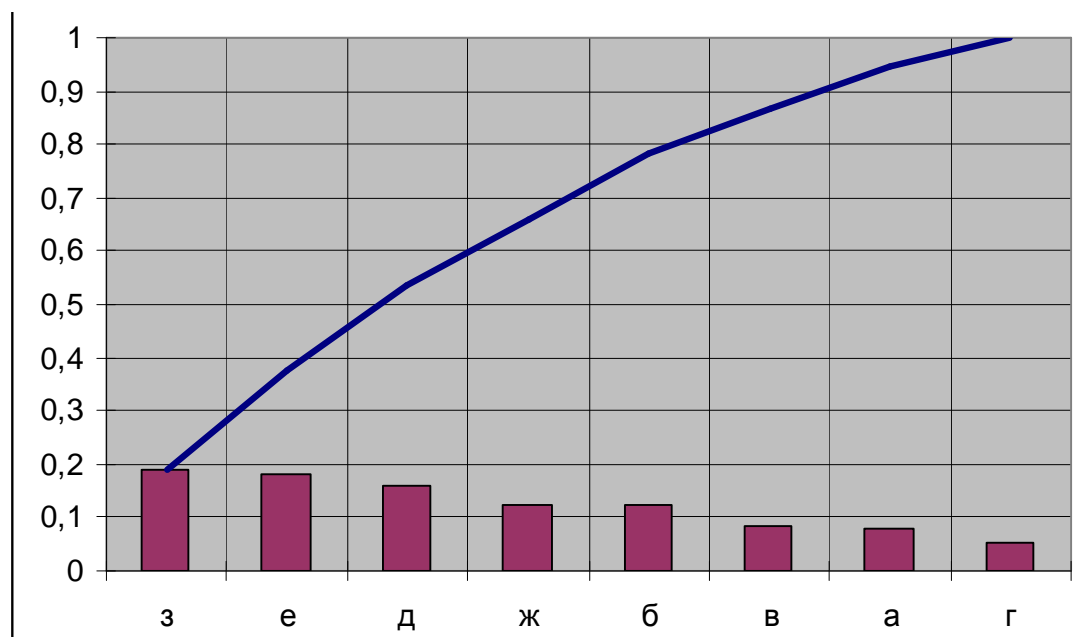


Рисунок 2 – Диаграмма Парето весомостей альтернатив

Как следует из диаграммы Парето, более 80% эффекта от применения корректирующих и предупреждающих действий обеспечивается:

- формированием системы мониторинга ресурсов по стандартам ИСО 9000,
- обеспечением кадрами, соответствующими данному производству,
- мероприятиями по совершенствованию технологии,
- формированием системы стимулирования и наказания,
- ППР и текущее обслуживание, причем более 50% вносят первые три альтернативы.

### Заключение

Разработан механизм оценки экологического риска и риска технологической безопасности газотранспортных предприятий на основе метода анализа иерархий (МАИ). С его помощью решена проблема ранжирования предупреждающих и корректирующих действий для разрабатываемой интегрированной системы менеджмента качества ООО «Краснодартрансгаз». Установлено, что вносящими наиболее существенный вклад в предупреждение экологических рисков (более 80%) являются следующие альтернативы (корректирующие и предупреждающие действия): формированием системы мониторинга ресурсов по стандартам ИСО 9000, обеспечением кадрами, соответствующими данному производству; мероприятиями по совершенствованию технологии, формированием системы стимулирования и наказания, ППР и текущее обслуживание.

### Список использованных источников

1. Корягин А.Н., Боровский А.Б., Доценко С.П. Оценка воздействий на экологию технологических процессов ООО «Краснодартрансгаз». Эл. журнал. [ej.kubagro.ru](http://ej.kubagro.ru), №57(03), март, 2010.
2. Корягин А.Н., Боровский А.Б., Доценко С.П. Идентификация процессов подготовки газа к магистральной транспортировке для интегрированной СМК Эл. журнал. [ej.kubagro.ru](http://ej.kubagro.ru), №57(03), март, 2010.
3. Герда А.А. Риск-менеджмент на предприятиях по транспортировке газа // Известия Тульского государственного университета. Серия Экономика. Стандартизация. Управление. Качество. Вып. 3. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2005. – С. 68 – 79.
4. Система поддержки принятия решений «Выбор» [Электронный ресурс]: <http://www.ciritas.ru>