

# МЕТОДИКА КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ БЕЗОПАСНОСТИ ЛИНЕЙНОЙ ЧАСТИ МАГИСТРАЛЬНОГО ГАЗОПРОВОДА

**Д.А. Скороходов, доктор технических наук, профессор;**

**А.Л. Стариченков, доктор технических наук, доцент.**

**Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко**

**Российской академии наук.**

**Л.Т. Танклевский, доктор технических наук, профессор.**

**Санкт-Петербургский государственный политехнический университет**

На основании экспертных оценок и анализа литературы определены факторы, характеризующие безопасность линейной части магистрального газопровода. Проведено ранжирование факторов, определяющих безопасность линейной части магистрального газопровода. Предложены матрицы на основе метода парных сравнений, упрощающие принятие решений по определению коэффициентов важности факторов влияния.

*Ключевые слова:* магистральный газопровод, линейная часть, безопасность, фактор, коэффициент, матрица, метод, сравнение, ранжирование, оценка

## METHOD OF COMPREHENSIVE ASSESSMENT OF THE MAIN GAS PIPELINE LINEAR PART SAFETY

D.A. Skorokhodov; A.L. Starichenkov.

Institute of problems of transport of N.S. Solomenko of the Russian academy of sciences.

L.T. Tanklevsky. Saint-Petersburg state politechnical university

On the basis of expert estimates and the analysis of literature the factors characterizing safety of the main gas pipeline linear part were defined. Ranging of the factors defining safety of the main gas pipeline linear part was carried out. The matrixes on the basis of a method of pair comparisons that simplify decision-making by determination of coefficients of importance of factors are offered.

*Keywords:* main gas pipeline, linear part, safety, factor, coefficient, matrix, method, comparison, ranging, assessment

Магистральные газопроводы (МГ) в силу своей специфики одновременно принадлежат к опасным производственным и пожароопасным объектам. Необходимость оценки их безопасности возникает на всех этапах жизненного цикла. Это установлено законодательно [1–3] и обеспечено сводами правил и методических указаний [4–7].

Своды правил [4, 5] применяют при проектировании новых и реконструируемых МГ и ответвлений от них, предназначенных для транспортирования различных видов продукции нефтегазового комплекса, включая природный и попутный, естественный и искусственный углеводородные газы. Соблюдение этих правил в ходе строительства призвано гарантировать безопасность эксплуатации МГ различных субъектов хозяйственной деятельности.

Методические указания [6], будучи по сути своей стандартом организации (шифр СТО Газпром 2-2.3-351–2009), имеют силу только при оценке опасности производственных объектов газотранспортных предприятий ОАО «Газпром», а для других организаций – юридически не обязательны.

Отличительная черта методик [6, 7] заключена в том, что анализ опасности построен на понятии риска для человека, имущества и окружающей среды. Он учитывает накопленные сведения о ранее произошедших авариях на МГ. Эта концепция соответствует международной и отечественной практике, поскольку вызвана необходимостью разработки деклараций промышленной и пожарной безопасности и страхования объектов.

Вместе с тем опыт применения методик показал, что расчет риска по [6, 7] требует огромного массива исходных данных, в большинстве случаев отсутствующих. Тогда их принимают по умозаключению специалистов, обогащенных собственным опытом и видением возможности возникновения и последствий чрезвычайных ситуаций, что, в итоге, приводит к недостаточно достоверной оценке окончательных расчетных данных.

Возможность выражения величины риска с использованием численных характеристик магистральных трубопроводов, сопровождающих аварию или потенциальную возможность ее возникновения на переходах через искусственные препятствия, рассмотрена в работах [8, 9]. Однако это не всегда возможно, поскольку часто значения величин, определяющих безопасность МГ, трудно выразить количественно. Особенно чувствительна к этому линейная часть (ЛЧ) МГ, поскольку требования к ней сформулированы, как правило, словесно, с указанием граничных значений величин либо величин, входящих в этот диапазон [4, 5].

Следует констатировать, что субъективизм оценок влияния факторов на безопасность МГ присутствует во всех известных методиках, но степень его влияния можно уменьшить, например, путем осреднения мнений экспертов.

Такая методика представлена далее. Отличительная сущность ее в том, что эксперты разделили факторы, характеризующие безопасность ЛЧ МГ, на две группы:

- первая объединяет факторы, влияние которых количественно можно оценивать функцией полезности релейного вида: 1 – хорошо, 0 – плохо;
- вторая представлена факторами, количественно оцениваемыми функцией аналогового вида.

И если влияние факторов первой группы однозначно, то количественная оценка второй группы вызывает трудности. Для преодоления их использована непрерывная функция желательности Харрингтона [10].

Как известно, эта функция устанавливает связь между лингвистической шкалой оценки качества и значениями шкалы предпочтений двух видов:

- с отрицательным градиентом:

$$P(x) = \exp(-\exp(-k(x_{\max} - x))); \quad (1)$$

- с положительным градиентом:

$$P(x) = \exp(-\exp(-kx)), \quad (2)$$

где  $P(x)$  – численное значение вероятности, отражающее влияние некоторого фактора  $X$  на состояние безопасности ЛЧ МГ;  $k = \frac{6}{x_{\max} - x_{\min}}$  – коэффициент пропорциональности

в уравнении (1);  $k = \frac{6}{x_{\max}}$  – коэффициент пропорциональности в уравнении (2);

$x_{\max}, x, x_{\min}$  – соответственно максимальное, промежуточное и минимальное значения фактора влияния.

Функцию (1) применяют в случае, если увеличение фактора влияния приводит к снижению безопасности.

Функцию (2) – в случае, если возрастание фактора влияния увеличивает безопасность объекта.

В общей сложности экспертами принято во внимание 36 характеристик (факторов), влияющих на безопасность ЛЧ МГ. Часть их оценена функцией релейного вида и включает, например, наличие по трассе:

- маршрутов проезда и мелко заглублённых (оголённых) участков;
- степень агрессивности грунта;
- сейсмичность района и обеспечение сигнальными системами;
- наличие отбора газа на оцениваемом участке трассы.

Влияние остальных факторов оценено по шкале желательности Харрингтона [10].

Связь между лингвистической шкалой оценки качества и значениями шкалы предпочтений для отдельных групп факторов (с учетом физической сущности их влияния на безопасность) представлена таблично (табл. 1–6).

Таблица 1

Состояния объекта или качество выполненных работ	Количественные отметки по шкале полезности
Отличное	1,00
Очень хорошее	0,80
Хорошее	0,63
Удовлетворительное	0,37
Неудовлетворительное	0,00

Таблица 2

Состояния объекта или качество выполненных работ	Количественные отметки по шкале полезности
Отличное	1,00
Очень хорошее	0,80
Хорошее	0,63
Удовлетворительное	0,37

Таблица 3

Состояния объекта или качество выполненных работ	Количественные отметки по шкале полезности
Отличное	1,00
Очень хорошее	0,80
Хорошее	0,63

Таблица 4

Состояния объекта или качество выполненных работ	Количественные отметки по шкале полезности
Очень хорошее	0,80
Хорошее	0,63
Удовлетворительное	0,37
Плохое	0,20

Таблица 5

Состояния объекта или качество выполненных работ	Количественные отметки по шкале полезности
Очень хорошее	0,80
Хорошее	0,63
Удовлетворительное	0,37
Плохое	0,20
Информация отсутствует	0,00

Таблица 6

Состояния объекта или качество выполненных работ	Количественные отметки на шкале полезности
Очень хорошее	0,80
Хорошее	0,63
Удовлетворительное	0,37

Каждому фактору, влияющему на безопасность ЛЧ МГ, соответствует одна из приведенных таблиц. Например, влияние года ввода в эксплуатацию ЛЧ (или ее участка), состояние насыпной наземной прокладки и очистка трассы от зарослей оценивают по табл. 1. Возможные потери газа при аварии – по табл. 6, коррозионное состояние – по табл. 3 и т.д.

Степень влияния  $\lambda_i$  каждого из факторов на общую безопасность оценена коэффициентом важности, который рассчитывают методом парного сравнения 16 и 20 факторов, например, на основе матрицы, представленной в табл. 7.

Таблица 7

Факторы влияния	X 1	X 2	X3	X 4	X 5	...	$\lambda_i$
X1	1	0	0	1	0	1	0,05
X2	2	1	2	2	1	7	0,15
X 3	2	0	1	2	1	5	0,25
X 4	1	0	0	1	0	1	0,05
X 5	2	1	1	2	1	6	0,20
...	...	...	...	...	...	...	...
							1,00

Это позволяет определить степень влияния факторов и их групп на состояние ЛЧ МГ в виде вероятностных зависимостей по известным формулам:

$$P_{\text{сум}} = P_2 * P_m * P_p,$$

$$P_m = \sum_{i=1}^{20} \lambda_i P_i, \quad P_2 = \sum_{i=1}^{16} \lambda_i P_i,$$

где  $P_{сум}$  – суммарная эффективность защиты ЛЧ МГ;  $P_z$  и  $P_m$  – эффективности влияния факторов на состояние ЛЧ МГ, определяемые по изложенной методике;  $P_p$  – эффективность характеристик-результатов, определяемая фактическим уровнем безаварийной работы ЛЧ МГ на основании использования модифицированной (зеркальной) функции желательности Харрингтона:

$$P_{ур} = \exp\left(-\exp\left(\frac{-6}{N_{ав}^{max}}(N_{ав}^{max} - K_{авар.})\right)\right),$$

где  $N_{ав}^{max}$  – максимально-допустимое число аварий на одном участке (ветки) ЛЧ МГ в год;  $K_{авар.}$  – коэффициент аварийности, рассчитываемый как среднее число аварий, приходящихся на один участок (ветку) в год, определяемое по формуле:

$$K_{авар.} = \frac{N_{ав}^{\Sigma}}{N_{г} * T},$$

где  $N_{ав}^{\Sigma}$  – общее число аварий, которые произошли на всех ветках МГ ( $N_{г}$ ) компании в течение рассматриваемого периода ( $T$ ) лет.

Таким образом, представленная методика, обладая простотой, позволяет лицам, принимающим решения в части оценки безопасности ЛЧ на всех этапах жизненного цикла МГ, объективно учитывать факторы, способствующие повышению уровня защищенности.

### Литература

1. О промышленной безопасности опасных производственных объектов: Федер. закон от 21 июля 1997 г. № 116-ФЗ (в ред. от 25 июня 2012 г.). Доступ из информ.-правового портала «Гарант».
2. О техническом регулировании: Федер. закон от 27 дек. 2002 г. № 184-ФЗ. Доступ из информ.-правового портала «Гарант».
3. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: Федер. закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ. Доступ из информ.-правового портала «Гарант».
4. СП 36.13330.2012. Магистральные трубопроводы (Актуализированная редакция СНиП 2.05.06-85\*). Доступ из информ.-правового портала «Гарант».
5. СП 86.13330.2012. Магистральные трубопроводы (Актуализированная редакция СНиП III-42-80\*). Доступ из информ.-правового портала «Гарант».
6. СТО Газпром 2-2.3-351–2009. Методические указания по проведению анализа риска для опасных производственных объектов газотранспортных предприятий ОАО «Газпром». М., 2009.
7. Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах: Приказ МЧС РФ от 10 июля 2009 г. № 404 (с изм. и доп.). Доступ из информ.-правового портала «Гарант».
8. Лаврухин С.А., Иванов А.Н., Поляков А.С. Модели пожаробезопасных подземных переходов нефтепродуктопроводов через автомобильные дороги // Науч.-техн. журн. «Нефтегазовое дело». 2010. № 1. Т. 8.
9. Лаврухин С.А., Иванов А.Н., Поляков А.С. Техногенная безопасность подземных переходов магистральных газопроводов и нефтепродуктопроводов через кольцевую автомобильную дорогу вокруг Санкт-Петербурга // Сервис безопасности в России: опыт,

проблемы, перспективы: материалы II Междунар. науч.-практ. конф. СПб., 2009.

10. Адлер Ю.П., Стасова Г.В. Сравнение результатов построения обобщенного параметра оптимизации процесса с помощью функций Харрингтона и Тагути // XVII Ежегод. междунар. семинар «Непрерывное совершенствование деятельности организаций». М.: МИСИС, 2012.