Предложения по разработке методики классификации эксплуатируемых участков магистральных газопроводов по предрасположенности к КРН

Propositions on development of procedure for classification of operated main gas line sections according to proneness to SCC

ООО «Газпром газнадзор»
Gazprom gaznadzor LLC

Коваленко Сергей Владимирович
Sergey Kovalenko

Москва 2018
Moscow 2018

Этапы анализа предрасположенности объектов к КРН

Наименование этапа	Состав работ
Идентификация объектов исследования	Проведение вероятностного прогнозирования аварийности. Распределение прогнозируемого числа аварий по предприятиям, конструктивным элементам и причинам аварий. Выявление объекта исследования по результатам прогноза
Выявление факторов риска и предрасположенности объектов к КРН	Анализ ретроспективных данных об авариях. Выявление факторов риска и их сочетаний. Разбивка на участки объекта исследования. Оценка факторов риска и их сочетаний для каждого участка
Определение протяженности участков, предрасположенных к КРН	Анализ локального воздействия факторов риска как случайной функции по длине протяженного участка объекта исследования

Документы, регламентирующие методы оценки предрасположенности магистральных газопроводов к КРН

«Руководство по безопасности
«Инструкция по техническому диагностированию подземных стальных газопроводов», утв. Приказом Ростехнадзора от 6.02.2017 № 47

Р Газпром 9.4-048-2015
«Руководство по организации системы мониторинга стресс-коррозионных процессов на действующих и проектируемых технологических трубопроводах компрессорных станций»

СТО Газпром 2-2.3-575-2011
«Оценка стресс-коррозионного состояния и ранжирование технологических трубопроводов высокой стороны компрессорных станций по приоритетности диагностического обследования с целью выявления дефектов коррозионного растрескивания под напряжением и проведения комплексного ремонта»

СТО Газпром 2-2.3-412-2010
«Инструкция по определению потенциально опасных стресс-коррозионных участков и техническому диагностированию технологических трубопроводов газа компрессорных станций»

и др.

Учет и анализ показателей аварийности

Протяженность

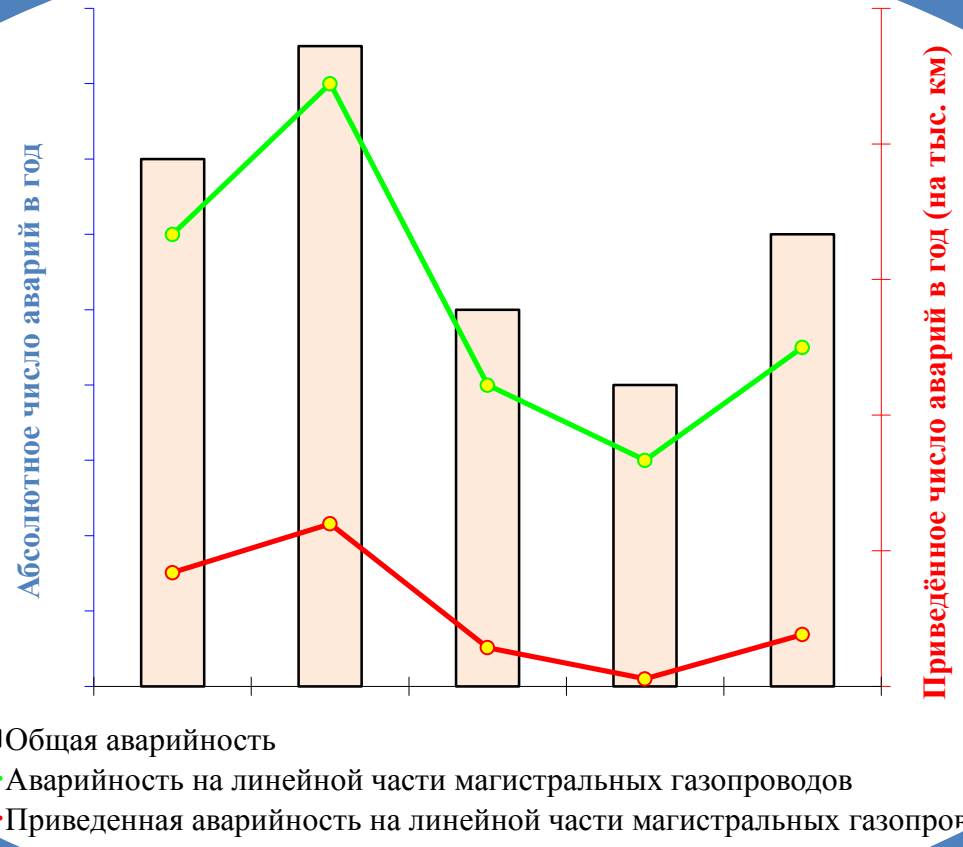
Возраст

Причина

Вид объекта

Предприятие

Конструктивные характеристики



Вероятностная модель прогнозирования аварийности

$H(t) = \bar{\nu}$ – функция восстановления; $h(t) = \dfrac{dH(t)}{dt}$ – плотность восстановления

$$P[\nu(t) \geq n] = P\{t_n < t\} = P\{(\tau_1 + \tau_2 + \tau_3 + \tau_4 + \ldots + \tau_n) < t\} = F_n(t) \quad (1)$$

$$P[\nu(t) = n] = F_n(t) - F_{n+1}(t) \quad (2)$$

$$H(t) = M\nu(t) = \sum_{n=1}^{\infty} F_n(t) \quad (3)$$

$$h(t) = \sum_{n=1}^{\infty} f_n(t), \quad где \quad f_n(t) = F_n'(t) \quad (4)$$

$$F'(t) = f(t) = \frac{1}{b} e^{-\frac{x}{b}} = \lambda e^{-\lambda x} \qquad где \ \lambda = \frac{1}{b} \quad (5)$$

$$F_n'(t) = f_n(t) = \frac{(t/b)^{n-1} e^{(-t/b)}}{b[(n-1)!]} \quad (6)$$

$$F_n(t) = 1 - e^{-\frac{t}{b}} \sum_{i=0}^{n-1} \frac{\left(\frac{t}{b}\right)^i}{i!} \quad (7)$$

$$\lambda_{эрланга} = \frac{\overline{\nu(t)}}{\sigma^2_{эрл}} \quad (8)$$

$$H(t) = M\nu(t) = \sum_{n=1}^{\infty} F_n(t) = \sum_{n=1}^{\infty} \left[1 - e^{-\frac{t}{b}} \sum_{i=0}^{n-1} \frac{\left(\frac{t}{b}\right)^i}{i!} \right] \quad (9)$$

$$H(t_2 - t_1) = H(t_2) - H(t_1) \quad (10)$$

При рассмотрении системы в целом применение этих показателей базируется на следующих допущениях:

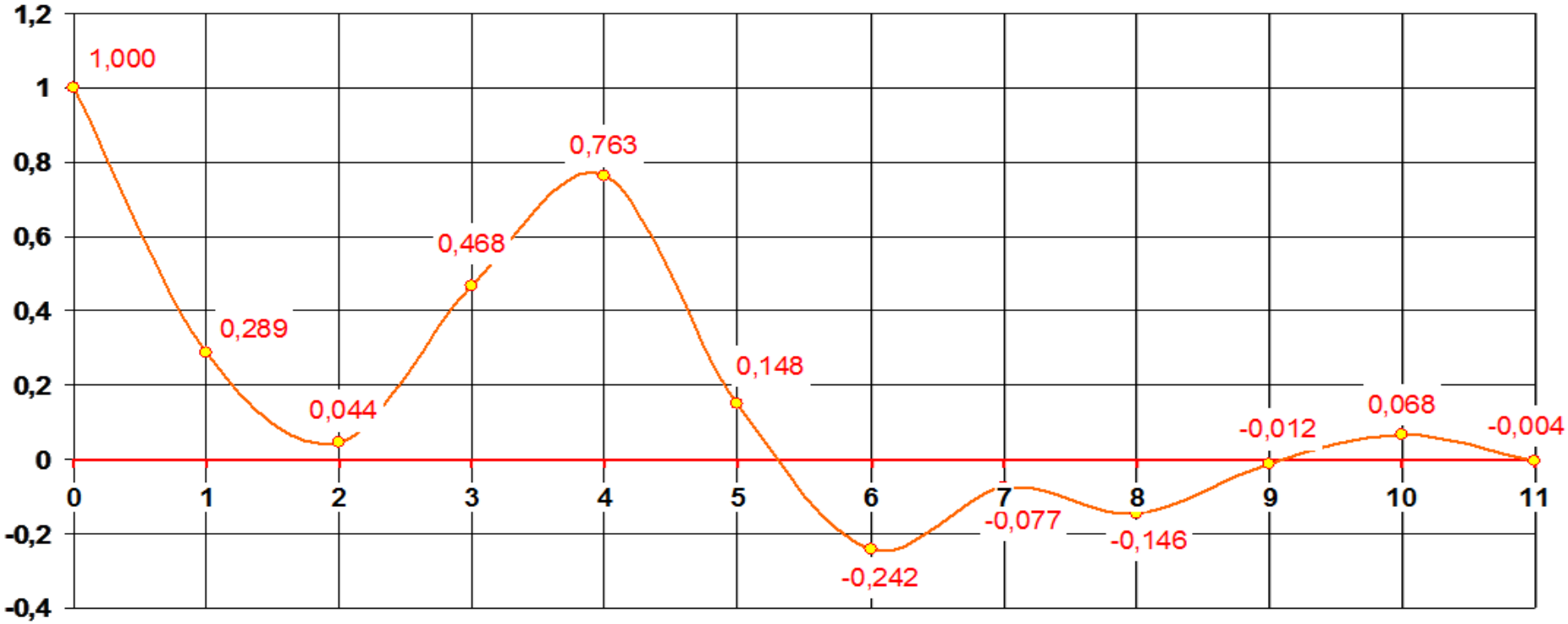
1. ЕСГ рассматривается как единый восстанавливаемый объект без рассмотрения его элементной структуры.

2. На ЕСГ как восстанавливаемом объекте реализуется процесс отказов (аварий) - восстановлений, причем восстановление работоспособности объекта рассматривается как мгновенное. Наработки (время безаварийной работы объекта) между авариями независимы и одинаково распределены.

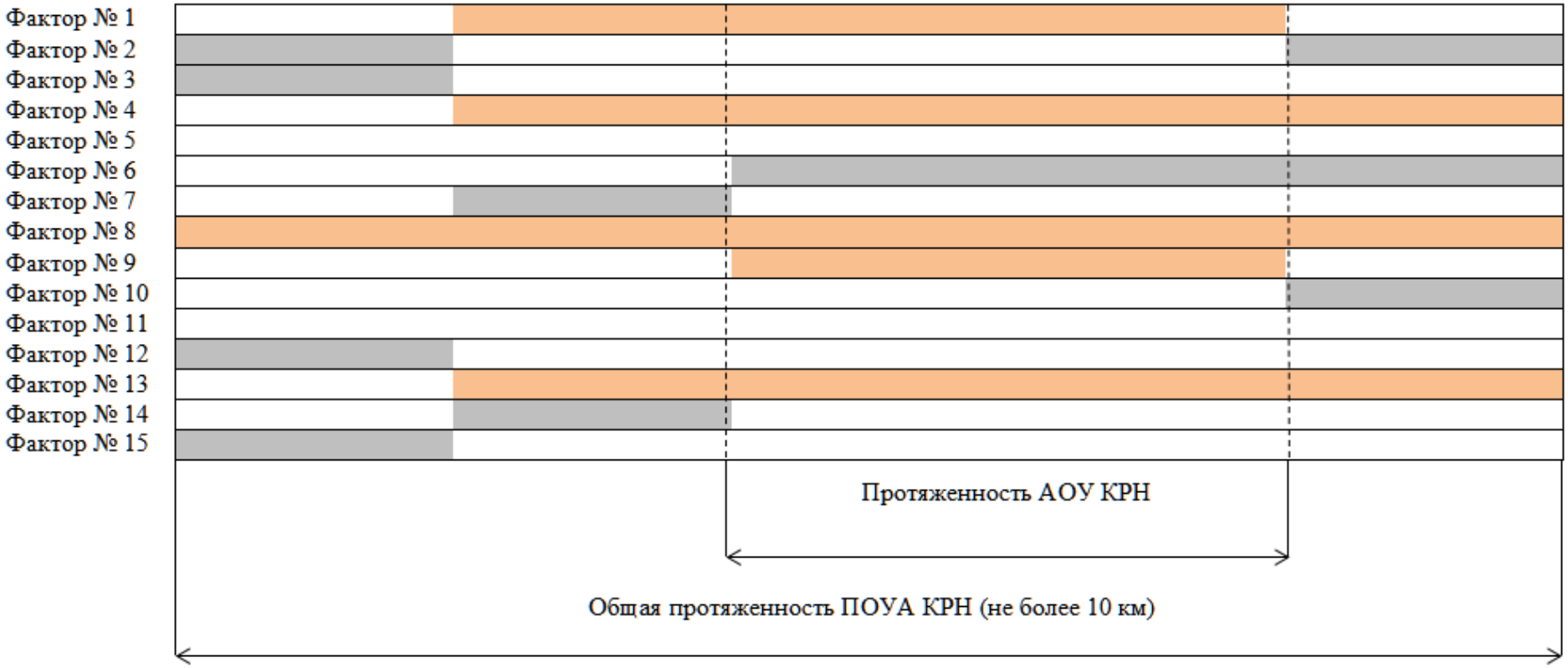
3. Работа ЕСГ как восстанавливаемого объекта рассматривается с 1991 года в пределах ЕСГ России.

Обоснование допустимой глубины вероятностного прогнозирования аварийности

Нормированная корреляционная функция случайного процесса аварийности по газотранспортным предприятиям ПАО «Газпром» за период 12 лет



Выявление факторов риска и предрасположенности объектов к КРН



Протяженность зоны реализации факторов, влияющих на возникновение аварий по причине КРН

Протяженность зоны реализации факторов, входящих в наиболее опасное сочетание для рассматриваемого предприятия

Определение протяженности участков, предрасположенных к КРН

$$P = \prod_{i=1}^{m} P_i \qquad (1)$$

$$P(AB) = P(A)*P(B) + r(A, B) \qquad (2)$$

$$\sigma_{\text{пр}}^{\text{н}} = \mu\sigma_{\text{кц}}^{\text{н}} - \alpha E\Delta t \pm \frac{ED_{\text{н}}}{2\rho} \qquad (3)$$

$$\tilde{\tilde{\sigma}}(x) = L\tilde{\tilde{\vartheta}}(x) \qquad (4)$$

$$\left(\tilde{\tilde{\sigma}}_{\text{пр}}^{\text{н}}\right)_1 = \pm L\left[\frac{ED_{\text{н}}}{2}\left(\frac{1}{\tilde{\tilde{\rho}}(x)}\right)\right] = \pm L\left[\frac{ED_{\text{н}}}{2}\left(\tilde{\tilde{K}}(x)\right)\right] = \pm\frac{ED_{\text{н}}}{2}\tilde{\tilde{K}}(x) \qquad (5)$$

$$\left(k_{\sigma_{\text{пр}}^{\text{н}}}\right)_1(x, x') = \left(\frac{ED_{\text{н}}}{2}\right)^2 k_{K(x)}(x, x') \qquad (6)$$

$$\tilde{\tilde{\sigma}}_{\text{пр}}^{\text{н}} = \pm\frac{ED_{\text{н}}}{2}\sqrt{\tilde{\tilde{K}}_y^2(x) + \tilde{\tilde{K}}_z^2(x)} \qquad (7)$$

$$\bar{\bar{K}}(x_j) = \frac{\sum_{i=1}^{n} K_i(x_j)}{m} \qquad (8)$$

$$D_K(x_j) = \frac{\sum_{i=1}^{n}\left[\left[K_i(x_j) - \bar{\bar{K}}(x_i)\right]\right]^2}{m-1} \qquad (9)$$

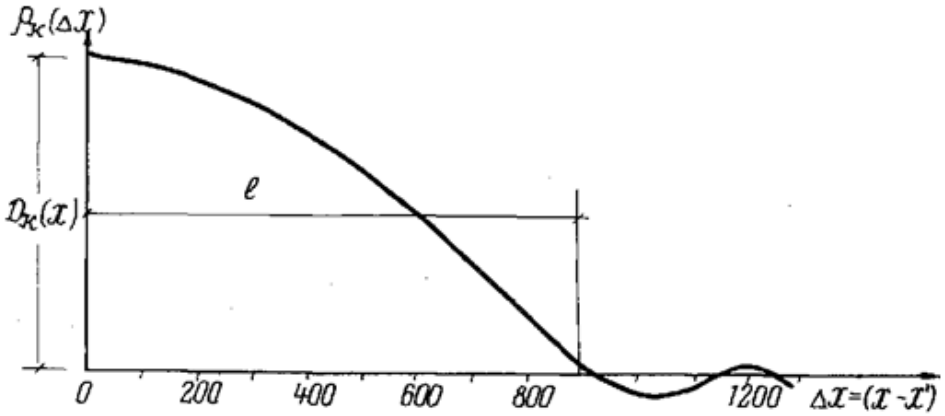
$$k_K(x_j, x_l) = \frac{\sum_{i=1}^{n}\left[K_i(x_j) - \bar{\bar{K}}(x_i)\right]\left[K_i(x_l) - \bar{\bar{K}}(x_l)\right]}{m-1} \qquad (10)$$

$$D_K(x_j) = \left\{\frac{\sum_{i=1}^{n}\left[K_i(x_j)\right]^2}{m} - \left[\bar{\bar{K}}(\boldsymbol{x})_j\right]^2\right\}\frac{m}{m-1} \qquad (11)$$

$$k_K(x_j, x_l) = \left[\frac{\sum_{i=1}^{n} K_i(x_j)K_i(x_l)}{m} - \bar{\bar{K}}(x_j)\bar{\bar{K}}(x_l)\right]\frac{m}{m-1} \qquad (12)$$

$$S_K(x) = \sqrt{D_K(x)} \qquad (13)$$

$$r_K(x, x') = \frac{k_K(x, x')}{S_K(x)\,S_K(x')} \qquad (14)$$



Протяженность потенциально опасного участка будет равна длине зоны затухания нормированной корреляционной функции локального воздействия факторов риска $\rho_K(\Delta x)$

Выводы

1. Проанализированы существующие методы оценки и учета предрасположенности линейных объектов к КРН.

2. Предложен способ прогнозирования отказов по причине КРН на базе вероятностного анализа ретроспективных данных по аварийности.

3. Предложен способ графического определения участков предрасположенности к КРН по сочетанию факторов риска, выявляемых путем анализа ретроспективных данных по аварийности.

4. Предложен подход к определению протяженности потенциально опасного участка путем оценки длины зоны затухания нормированной корреляционной функции локального воздействия факторов риска.

Благодарю за внимание!

Коваленко Сергей Владимирович ведущий инженер отдела экспертизы нормативно-технической документации
ООО «Газпром газнадзор»
тел.: (495) 355-98-71, email: kovalenko@gaznadzor.gazprom.ru

Шапиро Владимир Дмитриевич ведущий инженер отдела по анализу производственной безопасности
ООО «Газпром газнадзор»
тел.: (495) 355-98-74, email: shapiro@gaznadzor.gazprom.ru